

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAKIM MALZEMELERİNDE
AŞINMA HASARLARINI ÖNLEYECEK İŞLEMLER ve
YAĞLAYICILARIN BELİRLENMESİ**

Metalurji ve Malzeme Mühendisi Onur AYDOĞAN

**Fbe Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında
Malzeme Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet KARAASLAN

İSTANBUL, 2011

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. TAKIM ÇELİKLERİNİN TANIMI ve KULLANIM ALANLARI	2
2.1 Takım Çeliklerinin Tanımı	2
2.2 Takım Çelikleriyle İlgili Genel Bilgiler	2
2.3 Takım Çeliklerinin Özellikleri	5
2.4 Alaşım Elementlerinin Etkisi	5
2.4.1 Karbon Etkisi	5
2.4.2 Krom Etkisi	5
2.4.3 Molibden Etkisi	6
2.4.4 Vanadyum Etkisi	6
2.4.5 Wolfram Etkisi	6
2.4.6 Kobalt Etkisi	7
2.4.7 Mangan Etkisi	7
2.4.8 Silisyum Etkisi	7
2.4.9 Nikel Etkisi	7
3. TAKIM ÇELİKLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ	8
3.1 Toz Metalürjisi Yöntemi	14
4. TAKIM ÇELİKLERİNİN ISIL İŞLEMLERİ	16
4.1 Yumuşatma Tavlama	18
4.2 Normalizasyon Tavlama	18
4.3 Gerilim Giderme Tavlama	18
4.4 Sertleştirme	19
4.5 Temperleme	20
4.6 Yüzey Sertleştirme	21
5. TAKIM ÇELİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	23
5.1 Soğuk İş Takım Çelikleri	23
5.1.1 Soğuk - İş (Yağda Sertleştirilmiş) Takım Çelikleri (O Tipi)	24

5.1.2	Soğuk - İş (Orta Alaşım, Havada Sertleştirme) Takım Çelikleri (A Tipi)	24
5.1.3	Soğuk - İş (Yüksek Karbon, Yüksek Krom) Takım Çelikleri (D Tipi).....	25
5.2	Sıcak İş Takım Çelikleri	25
5.3	Yüksek Hız Çelikleri	28
6.	TALAŞLI İMALAT	30
6.1	Talaş Kaldırma Mekanizması	30
6.2	Talaşlı Şekillendirme Yöntemleri.....	33
6.2.1	Vargel Ve Planyalama	33
6.2.2	Torna Tezgâhları	34
6.2.3	Frezeleme.....	36
6.2.4	Taşlama.....	37
6.2.5	Diğer Taşlama Metotları.....	38
6.3	Kesici Takımlar	39
6.3.1	Sade Karbonlu Ve Alaşımli Takım Çelikleri	41
6.3.2	Yüksek Hız Çelikleri	41
6.3.3	Dökme Karbürler	41
6.3.4	Sinter Karbürler	41
6.3.5	Sermetler.....	42
6.3.6	Seramik Takımlar	43
6.3.7	Kübik Bor Nitrür	44
6.3.8	Çok Kristalli Elmas (PCD)	45
6.4	Takım Tahribatı	47
6.4.1	Dereceli Oluşan Tahribat Şekilleri	48
6.4.2	Aşınma Mekanizmaları	49
6.4.3	Ani Kırılma.....	53
7.	METAL İŞLEME SIVILARI	54
7.1	Genel Bilgi.....	54
7.2	Metal İşleme Sıvılarının İşlevleri.....	56
7.2.1	Yağlama İşlevi.....	60
7.2.2	Soğutma İşlevi	62
7.2.3	Kaynağı Önleme İşlevi	63
7.2.3	Metal İşleme Sıvılarının Diğer Özellikleri	64
7.3	Metal İşleme Sıvılarının Sınıflandırılması	64
7.3.1	Metal İşleme Sıvıları Bileşenleri	65
7.3.2	Saf (Neat) Yağlar.....	69
7.3.3	Sentetik Ürünler.....	70
7.3.4	Yarı Sentetik Ürünler.....	70
7.3.5	Çözünür Yağlar (Bor Yağları).....	73
8.	EMÜLSİYONLARIN HAZIRLANMASI ve BAKIMI	76
8.1	Emülsiyonlarda Yapılması Gereken Analizler	77
8.1.1	Görünüş	77
8.1.2	Yabancı Yağ	77
8.1.4	Bakteri	78
8.1.5	Pas.....	78
8.1.6	Köpürme	79
8.1.7	İletkenlik.....	79
8.1.8	pH	80

8.2	Emülsiyon / Çözelti Hazırlamada Kullanılacak Sularda Aranacak Özellikler	80
8.2.1	İletkenlik Değeri	81
8.2.2	Toplam Sertlik Değeri	81
8.2.3	Klor Değeri	83
8.3	Metal İşleme Sıvısı Bakımı	83
8.3.1	Metal İşleme Sıvıları Kimyası	83
8.3.2	Metal İşleme Sıvılarının Biyolojisi	84
8.3.3	Metal İşleme Sıvılarının Mekaniği	86
9.	METAL İŞLEME SIVILARININ SEÇİMİ	90
9.1	Önseçim Koşulları	91
10.	DENEYSEL ÇALIŞMA	94
10.1	Deney Sonuçları	97
11.	METAL İŞLEME SIVILARININ İŞ PARÇASI YÜZEYİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	99
11.1	Hafif İşlemlerde Yüzeye Soğurma (Adsorbsiyon) Katmanları	99
11.2	Kükürt Bileşiklerinin Metal İle Tepkimesi	100
11.3	Aşınmaya Karşı Korunmada Fosfor	101
11.4	Aşırı Katkıdan Kaçınmak	102
12.	SONUÇ	103
	KAYNAKLAR	104
	ÖZGEÇMİŞ	106

SİMGE LİSTESİ

α	Talaş açısı
β	Takım kama açısı
θ	Kayma açısı
μm	Mikron
γ	Östenit

KISALTMA LİSTESİ

AOD	Argon Oxygen Decarburization
AW	Anti Wear
CBN	Kubik Bor Nitrür
CVN	Charpy V Notch
EAF	Elektrik Ark Fırını
EP	Extreme Pressure
ESR	Electro Slag Remelting
HRC	Hardness Rockwell C
Mf	Matenzitik dönüşüm bitiş sıcaklığı
Ms	Matenzitik dönüşüm başlangıç sıcaklığı
NM	Tork
PAO	Polialfaolefin
PCD	Çok Kristalli Elmas
PG	Polialkilen Glikol
Ppm	Parts Per Million
RT	Room Temperature
T/M	Toz Metalürjisi
UA	Ultra Arı
VAR	Vacuum Arc Remelting

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Torna kaleminin kesmesinde aşınma formları..... 3
Şekil 3.1	Superior kalite sıcak iş takım çeliklerinin üretiminde uygulanan proseslerin şematik görünümü..... 11
Şekil 3.2	ESR fırını ve cüruf havuzunda meydana gelen reaksiyonlar..... 12
Şekil 3.3	Konvansiyonel yöntemle ve ESR yöntemiyle üretmiş 200 çapındaki sıcak iş çeliklerinin makro dağlama sonrası kesit görüntüsü..... 13
Şekil 3.4	ESR İşlemi sonrasında uygulanan termomekanik işlemler..... 13
Şekil 3.5	ESR işlemi uygulanmış ve uygulanmamış H13 çeliklerinin mikroyapı görünümleri ve CVN kırılma enerjileri..... 13
Şekil 3.6	Toz Yöntemi ile Takım Çeliklerinin Üretim Şeması..... 15
Şekil 4.1	Takım çeliklerinin üretimi için gerekli olan prosesler 16
Şekil 4.2	Takım çeliklerine yapılan ısıt işlemler, etkileri ve sonuçları 17
Şekil 4.3	Takım çeliklerinde tavlama bölgeleri 17
Şekil 4.4	Hız Çeliklerinde Karbür Çözünmesinin Östenitleme Sıcaklık ve Süresi ile İlişkisi..... 19
Şekil 4.5	Yüksek Hız Çeliklerinin Kademeli Isıtılıp Sertleştirilmesi ve Menevişleme ... 20
Şekil 4.6	Menevişleme sıcaklığı ile sertliğin değişimi..... 20
Şekil 6.1	Ön kaymalı tabakalı yapının oluşumu 31
Şekil 6.2	Tornalama kesici takımının geometrisi..... 35
Şekil 6.3	Kesici takımlarda oluşan aşınma hasarları ve bölgeleri..... 49
Şekil 6.4	Kesici takımda aşınma bölgeleri..... 50
Şekil 7.1	Talaş kaldırma işlemi sırasında ortaya çıkan sıcaklık dağılımı 56
Şekil 7.2	Metal işleme sıvısının etkisi..... 57
Şekil 7.3	Yüzey kalitesi-sıcaklık ilişkisi 57
Şekil 7.4	Talaş kaldırma işlemi sırasında gerçekleşen olaylar ve bölgeler..... 58
Şekil 7.5	Malzeme çeşitlerine göre kesme hızı – sıcaklık diyagramı 59
Şekil 7.6	Kesme işlemi sırasında meydana gelen sıcaklık artışının bölgesel dağılımı 59
Şekil 7.7	Çalışma ortamlarına göre kesme hızı - sıcaklık grafiği..... 63
Şekil 7.8	Eşit Ağırlıkta Yağ ve Su 65
Şekil 7.9	Yağ filmi 70
Şekil 7.10.	Tepe noktalarının kaynak olması 70
Şekil 7.11	Potenza 470 metal işleme sıvısının refraktometre ve alkalinite değerleri 72
Şekil 7.12	Süt ve Emülsiyonlarda yağların dağılımı..... 73
Şekil 9.1	40 HRC ASSAB 718 çeliğinin işlenmesi sonrasında A30N tungsten karbür uçtaki aşınmalar 90
Şekil 9.2	35 HRC ASSAB 718 çeliğinin Kuru, Konvansiyonel ve Basınçlı Yağlama ile kesilmesiyle oluşan talaş şekilleri..... 91
Şekil 10.1	Raybalama Öncesi delme İşlemi..... 94
Şekil 10.2	Delme ve raybalama işlemi yapılan alüminyum blok..... 94
Şekil 10.3	Farklı metal işleme sıvıları kullanılarak yapılan delme ve raybalama işleminden sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri..... 96
Şekil 10.4	Farklı metal işleme sıvıları kullanılarak yapılan delme işlemi sırasında takım uçlarında ölçülen dönme momenti değerleri..... 96
Şekil 10.5	Farklı metal işleme sıvıları kullanılarak yapılan raybalama işlemi sırasında takım uçlarında ölçülen dönme momenti değerleri..... 97

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 5.1 Soğuk İş Yağda Sertleştirilmiş (O Tipi) Takım Çeliklerinin Kimyasal Kompozisyonları.....	24
Çizelge 5.2 Soğuk İş (Orta Karbon) Havada Sertleştirme (A Tip) Takım Çeliklerinin Kimyasal Kompozisyonları	24
Çizelge 5.3 Soğuk - İş, Yüksek Karbon, Yüksek Kromlu (D Tipi) Takım Çeliklerinin Kimyasal Kompozisyonları	25
Çizelge 5.4 Uygulama alanlarına göre sıcak iş takım çelikleri.....	27
Çizelge 5.5 H Tipi Sıcak İş Takım Çeliklerinin Nominal kimyasal Kompozisyonları	28
Çizelge 5.6 Bazı Yüksek Hız Takım Çelikleri İçin Nominal Kimyasal Kompozisyonlar...	29
Çizelge 6.1 Karbürlerin ergime sıcaklıkları ve sertlikleri	42
Çizelge 6.2 Takım malzemelerinin mikro yapısı ve özellikleri	47
Çizelge 7.1 Metal işleme sıvıları ve özellikleri	65
Çizelge 7.2 Metal işleme sıvılarının içerikleri	66
Çizelge 7.3 Yağların Birbirleriyle Karışma Durumu	68
Çizelge 7.5 Potenza 470 metal işleme sıvısının kullanım aralığı.....	72
Çizelge 7.6 Potenza 470 metal işleme sıvısının tipik özellikleri	72
Çizelge 8.1 Malzeme cinsine göre metal talaşının emülsiyona etkisi.....	89
Çizelge 8.2 İşlem cinsine göre metal talaşının emülsiyona etkisi.....	89
Çizelge 9.1 Metal işleme sıvılarının temel özelliklerinin karşılaştırılması.....	92
Çizelge 9.2 Soğutma Sıvıları Seçim Tablosu.....	93
Çizelge 10.1 Deneyde kullanılan metal işleme sıvılarının madeni yağ içerikleri.....	95
Çizelge 10.2 Deneyde uygulanan işlem hızları ve takım uçlarının dönme hızları	95

ÖNSÖZ

Metal endüstrisi tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de her geçen gün gelişmekte ve büyümektedir. Sektördeki değişim ve gelişim doğrultusunda ülkemizdeki firmalar da standartlarını yükseltmekte ve küresel rekabete ayak uydurmak için büyük çaba sarf etmektedir. Metal işleme sektöründe kullanılan takım çelikleri, hammadde, üretim ve ısıt işlemleri gereği oldukça pahalı malzemelerdir ve takım ömürlerini uzatmak toplam maliyeti doğrudan etkilemektedir. Bunun yanı sıra, kullanılan metal işleme sıvıları da hem maliyet, hem de çevresel faktörler nedeniyle her geçen gün daha önemli bir parametre haline gelmektedir. Metal işleme sıvısının doğru seçilmesi ve doğru kullanılması hem maliyetleri düşürmekte hem de atık oluşumunu azaltarak çevre kirliliğine engel olmaktadır. Bu sebeple, metal işleme sıvılarının doğru yönetimi hem ülke ekonomisi hem de çevremizin korunması açısından kritiktir.

Bu çalışmada, metal işleme sektöründe büyük öneme sahip olan takım çelikleri ve metal işleme sıvılarının özellikleri ve aralarındaki ilişkiler incelenmiştir. Takım çeliklerinin üretim yöntemleri, çeşitleri, özellikleri ve ısıt işlemleri belirtilmiştir. Talaşlı imalat yöntemleri, talaşlı imalatta kullanılan takımların özellikleri ve oluşan hasarlar açıklanmıştır. Metal işleme sıvılarının türleri, özellikleri, seçme kriterleri, kullanım alanları ve yönetimleri incelenmiş, kullanılan malzeme ve yapılacak işleme göre seçilmesi gereken metal işleme sıvısı ile ilgili deneysel çalışmaya yer verilmiştir.

Çalışma boyunca sektörel tecrübeleri ve teknik bilgi birikimleri ile sağladıkları yoğun destek nedeniyle 3-S Mühendislik Müşavirlik San. Tic. Ltd. Şti ailesine, engin bilgisi ve öğrencilerine yapıcı yaklaşımı ile bizleri yetiştiren ve sağladığı rehberlik ve motivasyon ile bu çalışmanın gerçekleşmesinde büyük pay sahibi olan değerli hocam Sn. Prof. Dr. Ahmet KARAASLAN'a teşekkür ederim.

ÖZET

Takım elikleri, imalat sektöründe kullanılan takımların ana malzemesidir. Çalışmada, takım çeliklerinin üretimi, özellikleri, sınıflandırılması ve ısııl işlemleri anlatılmıştır. Talaşlı imalat türleri, kullanılan kesici takımlar, takımlarda oluşan hasarlar ve sebepleri incelenmiştir. Talaşlı imalatla yaygın olarak kullanılan metal işleme sıvıları hakkında detaylı bilgiler verilmiş, içerikleri, türleri, kullanım biçimleri, kullanım alanları ve bakımları anlatılmıştır.

Deneysel alışma ile farklı mineral yağ oranı ve farklı kimyasal katkılara sahip 3 metal işleme sıvısının LM4 standardında alüminyum malzemenin delme ve raybalanması işlemine olan etkileri, yüzey pürüzlülüğü ve mekanik zorlanma bağlamında incelenmiştir. Görece yüksek mineral yağ oranına sahip metal işleme sıvıları kullanıldığında daha iyi yüzey özellikleri elde edildiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Takım elikleri, talaşlı imalat, hasar mekanizmaları, metal işleme sıvıları, emülsiyon.

ABSTRACT

Tool steels are the main material of tools used in the manufacturing sector. Production, properties, classification, and heat treatment of tool steels were explained in the study. Machining types, cutting tools, damage types and damage reasons of the tools were examined. Detailed information about metalworking fluids which are widely used in machining were given, the contents, types, usage styles, usage areas and treatments were explained.

Effects of 3 metalworking fluids with different mineral oil rates and chemical additive contents on drilling and reaming of LM4 aluminum material were investigated in the context of surface roughness and mechanical strain by experimental study. It was determined that better surface properties have obtained by the usage of metalworking fluids with relatively high rate mineral oil contents.

Keywords: Tool steels, machining, damage mechanisms, metalworking fluids, emulsions.

1. GİRİŞ

Takım çelikleri talaşlı veya talaşsız imalatta kullanılan, sıcak veya soğuk haldeki iş parçasını kesme, dövme ve sıkıştırma yöntemlerinden biri veya birkaçı ile biçimlendiren yüksek nitelikli çeliklerdir. Sahip olmaları gereken üstün özellikleri sağlamak için, özel yöntemlerle üretilen bu çelikler, üretimlerinde kullanılan hammaddeler, üretim yöntemlerinin karmaşıklığı, uygulanması gereken hassas ısıl işlemler nedeniyle yüksek maliyetlere sahiptir. Bir kesici takımın deforme olmadan kendisinden beklenen işlevi yerine getirebildiği süre ne kadar uzarsa, hem takım maliyeti, hem de üretim süreci devamlılığı açısından o kadar avantaj elde edilir. Çelik üretiminde oluşan zararlı atıklar da göz önüne alındığında, üretimlerinde çok fazla enerji ve iş gücü kullanılan, yüksek maliyetli takım çeliklerinden ve talaşlı imalat sektörünün en önemli aktörü olan kesici takımlardan yüksek verim elde edebilmek, hem ekonomik, hem de çevresel bir zorunluluk haline gelmiştir.

Metal işleme sektöründe takım çelikleri dışında bir diğer önemli aktör de metal işleme sıvılarıdır. Talaşlı imalat sırasında gerek sürtünmeyi azaltma, gerekse soğutma görevlerini yerine getirerek, hem takım malzemesini yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle oluşabilecek hasarlardan koruyan, hem de işlenen parçanın yüzey özelliklerine etki eden metal işleme sıvılarına verilen önem git gide artmaktadır. Geçmişte görece ilkel ve organik yağlar kullanılarak hazırlanan metal işleme sıvıları, günümüzde petrokimya endüstrisinin tüm avantajlarını kullanmanın yanı sıra, çeşitli kimyasal katkı maddelerinin geliştirilmesi ile hem yağlayıcılık hem de soğutma performanslarında büyük artışlara olanak sağlamıştır. Takım çeliği sarfiyatının azaltılması, daha az enerji kullanarak istenen işlemlerin yapılması ve daha üstün yüzey özelliklerinin elde edilmesine olanak sağlayan metal işleme sıvıları, metal işleme sektöründe kilit bir rol oynamaktadır. Yüksek maliyetleri ve çevreye zararlı atık oluşturmaları nedeniyle, metal işleme sıvılarının verimli ve uzun ömürlü kullanılması artan bir gereksinimdir.

Çalışmada takım çeliklerinin özellikleri, çeşitleri, ısıl işlemleri ve kullanım alanları belirtilmiştir. Talaşlı imalat türleri hakkında bilgiler verilmiş, kesici takım malzemeleri tanıtılarak, takımlarda oluşan hasar mekanizmaları anlatılmıştır. Deneysel çalışma sonuçları ile, farklı mineral yağ oranına ve kimyasal katkı maddelerine sahip metal işleme sıvılarının alüminyum malzemenin delme ve raybalama işlemlerine olan etkileri, yüzey pürüzlülüğü ve oluşan mekanik zorlanmalar bağlamında incelenerek uygun sıvı seçiminin önemi vurgulanmak istenmiştir.

2. TAKIM ÇELİKLERİNİN TANIMI ve KULLANIM ALANLARI

2.1 Takım Çeliklerinin Tanımı

Takım çelikleri, endüstriyel pek çok parçanın veya bileşenin, plastik deformasyon ve talaşlı imalat yöntemiyle üretiminde kullanılan ve diğer özel amaçlı takımların temel yapımlarına malzemelerine verilen isimdir. 20.yüzyıl başlarına kadar artan bir şekilde, daha kompleks ve yüksek alaşımlı takım çelikleri gelişmiştir. Bu kompleks, nispeten büyük miktarda tungsten, molibden, vanadyum, mangan ve krom içeren yüksek alaşımlı takım çelikleri hizmet taleplerinin artmasını, daha iyi kontrolün yapılabilmesini ve ısıtım sırasında çatlak oluşumunun engellenmesini sağlamıştır. Makine bileşenleri ve yapısal uygulamalar için kullanılan bazı alaşımlı takım çeliklerinin uyulması gereken özel şartları vardır. Örneğin; yüksek sıcaklık yayları, çok yüksek sertlikteki bağlayıcılar, özel amaçlı valfler ve çeşitli mil yatakları yüksek sıcaklık hizmetlerinde kullanılırlar. Görüldüğü gibi bazı üretim operasyonlarını metallerin delinmesini, kesilmesini ve şekillendirilmesini yüksek sıcaklıkta gerektirmektedir. Takım çelikleri bu operasyonlarda meydana gelen ısıya, basınca ve aşınmaya karşı dayanıklı olmaları için geliştirilmiştir.

Takım çeliklerinin çoğu, hizmet sırasında hızlı bir şekilde uygulanan aşırı yüksek yüklere maruz kalırlar. Takımlar bu yüklere kırılmadan, aşınmadan veya deforme olmadan çok kere dayanmak zorundadır. Bazı uygulamalarda ise takım çelikleri bu dayanımlarını yüksek sıcaklık şartlarında sağlamalıdır. Tek başına hiçbir takım malzemesi; maksimum aşınma dayanımı, tokluk ve yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya karşı direnç özelliklerini birleştiremez. Sonuç olarak uygun takım malzemesi seçiminde bu özelliklerin optimum olarak sağlanması dikkate alınmalıdır.

2.2 Takım Çelikleriyle İlgili Genel Bilgiler

Takımın, işlediği malzemeden çoğu zaman daha sert, daha yüksek dayanımlı ve aşınmaya dirençli olması gerekir. Bundan dolayı, takım imali için kullanılan malzemelerin birkaç ayrıcalık dışında, kullanım yerlerinin koşullarına uygun olarak, mümkün olduğunca yüksek sertlikte ve dayanımda, fakat yeterli süneklikte olması gerekir. Özellikle ayırma işi yapan, form veren ve form değiştiren, darbe ya da çarpma tarzında zorlanan takımlarda, oldukça yüksek sertlik, iyi aşınma dayanımı ve bunlarla birlikte yüksek süneklik ile erişilebilen en yüksek sertlikte kırılmaya karşı güvenlik istenir.

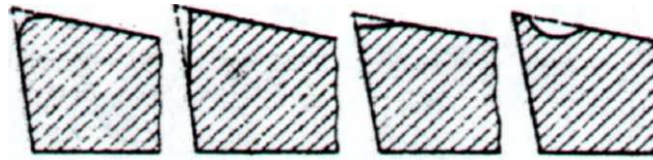
Bir takımın kullanım özelliklerinin karakterize edilmesinde en önemli büyüklük, daha çok Rockwell ya da Vickers yöntemleriyle saptanan sertliktir. Yüzeyde baskı elemanı izi

istenmediğinde, geri sıçrama yöntemiyle de sertlik ölçülebilir. Çok sert ve kırılgan malzemelerde, Knoop sertlik ölçme yöntemi de kullanılabilir. Her ne kadar, çekme deneyi ile tespit edilen elastiklik sınırı, akma sınırı ya da 0,2 sınırı, çekme dayanımı, kopma uzaması ve büzülme değerleri, takımlar için olan malzemelerde de dayanım ve şekil değişebilirliği değerlendirmede kriter olarak alınabilirse de, takım malzemelerinde kırılmaya kadar pek az plastik form değişmesi meydana geldiğinden, bunlar malzemenin tanımlanması için yeterli değildir. Mekanik özelliklerin daha iyi değerlendirilmesi, statik eğme deneyi ile saptanan 0,1 eğme sınırı, eğme dayanımı ile elastik ve plastik form değiştirme işinin tespitiyle yapılabilir. Torsiyon (burulma) ve darbeli torsiyon deneyi de, takım malzemelerinin pratikteki koşullara uygun olarak denenmesinde kullanılabilir.

Çoğu zaman, akma sınırı ve eğmede kırılma dayanımıyla bağıntılı olarak, kırılmaya kadar sarf edilen iş esası üzerine sünekliğin saptanması yapılır. Buna göre, niteleyici olarak süneklik kademeleri şöyle sınıflandırılabilir:

Kırılgan	:Düşük dayanımda, az plastik şekil değiştirme işi
Sünek yumuşak	:Düşük dayanımda, yüksek plastik şekil değiştirme işi
Sünek sert	:Yüksek dayanımda, yüksek plastik şekil değiştirme işi

Yüksek sertlikteki malzemenin süneklik durumunun tespiti, bugüne kadar daha çok, çentiksiz ve çentikli numunelerde, darbeli eğme ve statik eğme deneyi ile yapılmıştır. Ancak kırılma mekaniğinin geliştirilmesiyle, kırılma tokluğu üzerine sünekliğin karakterize edilmesi için yeni olanaklar nispeten kırılgan takım malzemeleri için de verilmektedir. Böylece, -stabil olmayan çatlak genişlemesi karşısında direnç olarak bu malzeme karakteristiğinin tanımlanması-, aşınma koşullarıyla da bağlantı sağlayabilmektedir.



Şekil 2.1 Torna kaleminin kesmesinde aşınma formları,
Soldan sağa; kenar aşınması, sert yüzey aşınması, talaş yüzeyi aşınması ve oyuk (krater) aşınması.

Ayırma takımlarının gücü ve ömrü, birinci planda takım ve malzeme arasındaki temas yerinde aşınma olayıyla belirlenir. Talaşlı işleme esnasında 1000 °C 'nin üzerine kadar sıcaklıklar doğabileceğinden, mekanik zorlamaların yanında termik zorlamalar da aşınma

mekanizmasında etkili olur. Böylece, termik dayanımın azalması ve kesilme maddeciklerinin kopmasıyla birlikte gelişen yapışma sonucu mikroskobik adezyon aşınması ve çatlak oluşur. Torna kalemi için karakteristik aşınma görünümleri, Şekil 2.1'de görülmektedir.

Malzemede form verme veya form değiştirme yapan takımlardan, abrasif aşınmaya karşı iyi bir direnç istenmesinin yanında, yeterli süneklikte yüksek bir dayanım da beklenilir. Yüksek sıcaklıkta şekillendirme için sıcak iş takım çelikleri kullanıldığında, bunlar hem mekanik zorlamaya karşı ve hem de termik zorlamaya karşı koymak zorundadırlar. İyi bir sıcaklıkta sertlik ve sıcaklıkta dayanım dışında, oksidasyon sonucu meydana gelen tufalleşmeye dayanım ile yanma ve sıcakta çatlamaya karşı hassasiyetle ifade edilen, yeterli düzeyde termik dayanıma sahip olmalıdırlar. Eğer takım, pres döküm kalıbı ve dövme kalıbı gibi, periyodik iş akışında çok fazla sıcaklık değişmelerine maruz kalıyorsa, yanma çatlakları oluşabilir. Isıtılmış malzeme ile direkt temas eden takım yüzeyi, saniyenin çok altında bir süre içerisinde aniden ısınır ve genişler. Takım malzemesinin içlerindeki daha soğuk tabakaların daha az genleşmesinden dolayı, basma gerilmeleri meydana gelir, sonraki soğumada da çekme gerilmesi oluşarak ters durum olur. Bununla bağlantılı olan elastik-plastik şekil değiştirmeler sonucunda ağ formunda yüzey çatlakları meydana gelir (atrasyon ile aşınma). Yanma çatlakları yanında, özellikle derin oyuklu takımlarda kesit değişmelerinde ve iç kenarlarda, takımın içine de nüfuz eden, sıcakta çatlamalar meydana gelir. Şok ısınmaya karşı dayanım olarak da ifade edilen çatlamaya hassasiyet için ölçü, çentik darbe dayanımı ve sıcakta akma sınırı yanında, malzemenin ısı iletme kabiliyeti ve genleşme katsayısıdır. Ayrıca, işletme koşulları altında kalan takım tutumunun tahmini için, çoğu zaman mekanik titreşim ya da sıcaklık etkisiyle uzun süre devam eden zorlamaların olduğu göz önünde tutulmalıdır. Böyle durumlarda, malzememin sürekli titreşim dayanımı veya zaman sürekli dayanımının saptanması yoluna gidilir.

Kalıpta kesme ve ölçme takımları için, ölçü kararlılığı da önem taşır. Bu olay, hem ölçü değişmesi olarak tanımlanan, ısıtma işlemi sırasında ısıtma gerilmeleriyle form değişmesi ve dönüşüm olaylarıyla hacim değişmesi sonucu önlenemeyen ölçü değişmelerini ve hem de kurala uygun yapılmayan ısıtma işlemiyle oluşan ve düzeltilemeyen form değişmelerini kapsar. Ölçü değişimleri, çok karışık olarak incelenebilir ve alaşım miktarına, ısıtma işlem teknolojisi ve takım form ve ölçülerine bağlıdır.

Takım ya da iş çeliklerinin ergitme, alaşımlama ve ısıtma işlem teknolojisinin geniş sınırlar içerisinde değişmesi ve bununla çok farklı isteklerin karşılanması, oldukça fazla önem taşır. Konstrüksiyon ve takım çelikleri arasında, kimyasal bileşim açısından kesin bir sınır yoktur.

Örneğin, aynı miktarda krom içeren bir çelik, hem rulmanlı yatak ve hem de soğuk hadde takımı için kullanılabilir. Diğer taraftan, sementasyon çelikleri, yüksek polimerlerin işlenmesinde kullanılan takımlar için en önemli malzemedir.

2.3 Takım Çeliklerinin Özellikleri

Bir çelik kalitesinin özellikleri başlıca iki yolla belirlenir.

- Alaşım elementleri ilavesi
- Isıl işlem

Bu yollarla sağlanan kalite özellikleri kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir (Aydoğan, 2008).

- Sertleşebilirlik: Sertleştirme sonrası belirli bir sertliğe ulaşabilme.
- Aşınma Direnci: Oda sıcaklığında veya daha yüksek sıcaklıklarda aşınmaya karşı direnç.
- Tokluk: Zorlamalarda kırılmaya karşı direnç.
- Sıcak sertlik ve Dayanım: Sertlik ve dayanımının oda sıcaklığında değişmeme, daha yüksek (kızıl) sıcaklıklarda önemli oranda tutulabilme özelliği.
- Meneviş Kalınlığı: Yüksek meneviş sıcaklıklarında sertliğin çok az oranda azalması.
- Boyut kalıcılığı: Sertleşme sırasında kontrol edilemeyen ölçü değişikliklerinin meydana gelmemesi.

2.4 Alaşım Elementlerinin Etkisi

2.4.1 Karbon Etkisi

Karbon, çeliğin mekanik özelliklerini en fazla etkileyen elementtir. Artan karbon oranı ile çeliğin dövme, kaynak, talaş kaldırma ve derin çekme ile şekillendirilme yeteneği azalırken, sertleşme kabiliyeti artar. Ani soğutma sertleşmesiyle, alaşımsız çeliklerde 1 ilâ 4 mm sertleşme derinliğine ulaşılması mümkündür. % 1 karbonun üzerinde, ulaşılacak en yüksek sertlik sabittir, fakat artan karbür miktarıyla aşınma direnci giderek yükselir.

2.4.2 Krom Etkisi

Krom, her %1 oranı için çeliğin mukavemetini 90 N/mm^2 artırır fakat kopma uzamasını %1,5 oranında azaltır. Kritik soğuma hızını küçültür ve böylece sertleşme derinliği artar. Demirin karbonu çözebilme kabiliyetini azaltır, bundan dolayı östenitin doymuşluk sınırı sola doğru fazlaca kayar ve çelikte karbürlerin ayrışmasına neden olur. Oluşturdukları krom karbürler ile çeliğin sertliği artar. Tufalleşmeyen çeliklerin en önemli alaşım elemanı kromdur.

Krom kritik soğuma hızım düşürür ve böylece sertleşebilirliği artırır. Özel karbürler oluşturduğundan, aşınma direncini, soğuğa dayanıklılığı artırır. Takım çeliklerinde, en önemli alaşım elementlerinden biridir.

2.4.3 Molibden Etkisi

Molibden, özel karbür oluşturur, bu karbürler sıcakta mukavemeti uzun süre korurlar. Özellikle Vanadyum, Wolfram ve Krom ile bileşim yaparak çeliğin kesme kabiliyetini artırır. Molibdenin çok az miktarı bile meneviş gevrekliğini giderir. Tane küçültücü etkisi vardır. Mo pratik olarak yanmaz, bu yüzden hurda demirin ergitilmesi esnasında büyük oranda geri kazanılabilir. Molibden ilavesi ile çelik dekarbürizasyona duyarlı hale gelir.

Meneviş kırılma hızına mani olur ve kuvvetli karbür yapıcı olarak sertliği, aşınma direncini ve meneviş dayanımını artırır.

2.4.4 Vanadyum Etkisi

Vanadyum, özel VC karbürünü oluşturur. Bu karbür, östenit içinde demir karbürden (Fe_3C) daha zor çözünebilir. Bu nedenle, sertleştirme sıcaklığı $1250^{\circ}C$ 'dir. Böylece, henüz çözünmemiş karbür, östenitin sertleşebilmesi için gerekli karbonu çeker. Bu çelikler, yaklaşık $600^{\circ}C$ sıcaklığa kadar yapılan tavlamalara karşı dayanıklıdır. Menevişleme tavlama sırasında sertliğin fazlaca düşmesine Fe_3C 'nin ayrışması neden olur. Çok küçük miktarlardaki vanadyum bile, zor çözünebilir karbürler oluşturduğundan çeliğin aşırı ısıtmaya karşı hassasiyetini azaltır. Vanadyum takımın kesme kabiliyetini ve havada sertleşme özelliğini artırır.

Zor çözülebilen karbürler oluşturarak, yüksek östenitleştirme sıcaklıklarında tane büyümesini engeller ve aşınma direncini artırır. Bundan dolayı, yüksek vanadyum miktarlarında takımın parlatılabilirliği kötüleşir.

2.4.5 Wolfram Etkisi

Wolfram, çeliklerin aşınma dirençlerini, menevişleme tavlama dayanıklılığını ve sıcakta mukavemet değerlerini artırır. Östenitin karbona doymuşluk çizgisini sola doğru kaydırır. W, çelikte zor çözünebilir $(FeW)_6C$ karbürünü oluşturur. Bu karbür, sertleştirme sıcaklığı arttırıldığında çözünebilir, böylece sertlik ve sertleşme derinliği artar. Karbürlerin çok küçük çözünme hızından dolayı W çelikleri, aşırı ısıtmaya karşı hassas değildirlir.

Wolfram çeliğe tane inceltici olarak etki eder, aşırı ısınmaya karşı hassasiyeti azaltır ve aşınma direncini, sıcakta dayanımı ve meneviş dayanımını iyileştiren özel sert karbürler

meydana getirir. Kötü yönü, ısı iletme kabiliyetini azaltması ve bununla bağlantılı olarak ısı işleminde çatlak oluşum eğilimini arttırmasıdır.

2.4.6 Kobalt Etkisi

Kobalt, malzemenin kritik soğuma hızını arttırır, bundan dolayı su vermede sertleşme derinliğini azaltır. Çeliğe ilave edildiğinde katılaşmanın tamamlanma sıcaklığını yükseltir, A3 dönüşüm noktasını düşürür ve γ bölgesini genişletir. Kobalt, ferriti sertleştirir ve böylece kızıl sıcaklıkta sertliğe yardım eder. Korozyon ve aşınma direncini arttırır, çekme ve akma mukavemetlerinde az bir artış sağlar fakat çekilebilme özelliğini azaltır. Karbür teşkil edici elementlerin östenitte çözülme kabiliyetlerini arttırır ve ayrıca sıcakta dayanımı, sıcakta sertliği, meneviş dayanıklılığını ve ısı iletme kabiliyetini yükseltir.

2.4.7 Mangan Etkisi

Dönüşüm hızını düşürmesinden dolayı, sertleşebilirliği arttırır ve böylece daha büyük kesitlerde sertleşebilirlik sağlar. Ancak, tane kabalaşması da yapar ve meneviş kırılgenliğine sebep olur. Darbe ve basma zorlamalarında aşınma direncini arttıracak şekilde, soğuk sertleşme eğilimi vardır.

2.4.8 Silisyum Etkisi

Oksidasyona karşı dayanımı arttırır, fakat aynı zamanda karbon azalması (dekarbürize) eğilimi de artar. Elastiklik sınırını yükseltmesinden dolayı, silisyum alaşımlı çelikler iyi yaylanma özellikli takımlar için kullanılır. Sıcak İş takım çeliklerinde, % 1 Si miktarıyla, yapışma eğilimi azaltılır.

2.4.9 Nikel Etkisi

Sertleşme derinliğini iyileştirir ve taneyi inceltir. Nikel ilavesi, darbe ve çarpma zorlamalarıyla çalışan takımlarda sünekliği arttırması bakımından özel önem taşır. (Aydoğan, 2008).

3. TAKIM ÇELİKLERİNİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Takım çelikleri üretimi istenen yüksek beklentileri karşılamak için diğer çelikleri kıyasla oldukça pahalı ve karmaşıktır. Bugün gelişen teknolojik ihtiyaçlara bağlı olarak takım çeliklerinin üretiminde;

- Dipten döküm ,
- ESR(Electroslag remelting),
- VAR (Vacuum Arc Remelting),
- 3 eksenli dövme,
- Toz metalurjisi,

gibi teknikler geliştirilmiştir (Aydoğan, 2008).

Adı geçen işlemlerin uygulanmasındaki temel amaç, çeliklerde yüksek saflık, minimum segregasyon, buna bağlı izotropik mekanik ve mikro yapısal özellikler elde edebilmektir.

Takım çeliği üretiminde elektrik ark fırınlarında ham demir ve hurdadan oluşan şarj ergitilir.

Takım çeliği üretiminde hurda kullanımı oldukça yüksektir ve son yıllarda alalım fiyatlarında yaşanan artış hurda kullanımını %80'lere çıkarmıştır.

Takım çelikleri, prensip olarak asal çelik olarak ve daha çok da bazik ark fırınlarında üretilirler. İyi bir kalite için en önemli yaklaşım, az miktarda Cr, Ni ve Cu içeren temiz hurda kullanılmasıdır. Ergitmenin, vakum altında, elektron bombardımanlı çok kamaralı fırında (EMO) ve cüruf altında ergitme (ESU) tarzında yapıldığı, yüksek kaliteli takım çeliği üretimi de yaygınlaşmaktadır. EMO yönteminde kalitenin iyileştirilmesi, düşük basınçta ve su ile soğutulan kristalizörde katılaşma ile sağlanırken, ESU yönteminde içinden çeliğin damladığı, reaksiyon kabiliyetli cürufun rafinasyonu ile ulaşılır. Bu tarzda üretilen ultra arı (UA) çeliklerin yapısı, boşluksuz, kabarcıksız, gözeneksiz ve çekirdek çekmesiz durumdadır ve pek az çökeltme eğilimi nedeniyle, daha iyi kimyasal homojenlik gösterirler. Bu şekilde elde edilen iyi çekirdek özellikleri, özellikle büyük boyutlu takımlar için yarar sağlar. Ultra arı çeliklerin bir diğer üstünlüğü, önemli ölçüde azaltılmış gaz miktarıdır. Böylece, EMO yönteminde oksijen miktarı yaklaşık %70 ve azot miktarı %30-50 değerlerine düşürülerek, kükürt miktarının da düşürülmesiyle birlikte, metalik olmayan bağlantı miktarı çok azaltılır ve bununla mikroskobik arılık derecesinde önemli ölçüde iyileşme sağlanır. Ayrıca, vakum altında tekrar ergitme yapıldığında, sıcakta şekillenebilirliği ve sıcakta sünekliği azaltan Pb, Bi, Sb ve As gibi, kolay uçabilen eser elementler de çelikten tam olarak uzaklaştırılabilir. Ultra arıtılmış çeliklerden takım imalatı için, iyi parlatılabilirlik (yüksek polimer malzemelerin üretimi ve soğuk haddeleme takımları), iyileştirilmiş meneviş dayanımı

(yükseltilmiş sıcakta aşınma dayanımı) ve yükseltilmiş sıcakta süneklik (azaltılmış yanma çatlağı tehlikesi), büyük önem taşır.

Takımın, işlediği malzemeden çoğu zaman daha sert, daha yüksek dayanımlı ve aşınmaya dirençli olması gerekir. Bundan dolayı, takım imali için kullanılan malzemelerin birkaç ayrıcalık dışında, kullanım yerlerinin koşullarına uygun olarak, mümkün olduğunca yüksek sertlikte ve dayanımda, fakat yeterli süneklikte olması gerekir. Özellikle ayırma işi yapan, form veren ve form değiştiren, darbe ya da çarpma tarzında zorlanan takımlarda, oldukça yüksek sertlik, iyi aşınma dayanımı ve bunlarla birlikte yüksek süneklikle erişilebilen en yüksek sertlikte kırılmaya karşı güvenlik istenir. Takım çelikleri, talaşlı ve talaşsız imalatta kullanılan, sıcak ve soğuk haldeki iş parçasını kesme dövme ve sıkıştırma yöntemlerinden biri veya birkaçı ile biçimlendiren yüksek nitelikli çeliklerdir

- Ergitme sonrası Pota Metalürjisi işlemleri gerçekleştirilir ve ingot döküm yapılır.
- İngot katılaştıktan sonra ESR ya da VAR işlemi yapılır.
- Bu işlem ile çelik içindeki metal yeniden ergitilerek ingot içindeki metalik olmayan bileşikler ve dendritik döküm yapısı giderilir.

Bu işlemin en önemli etkisi, takım çeliklerinde yüksek alaşımlamadan meydana gelen primer karbür segregasyonunu minimum seviyede tutması, böylelikle tüm çelik kesiti boyunca homojen bir mikroyapısal dağılım sağlamasıdır.

Ardından çelik istenen ölçülere göre termomekanik işleme tabi tutulur. Bu işlem, dövme ya da haddeden geçirme şeklinde uygulanır.

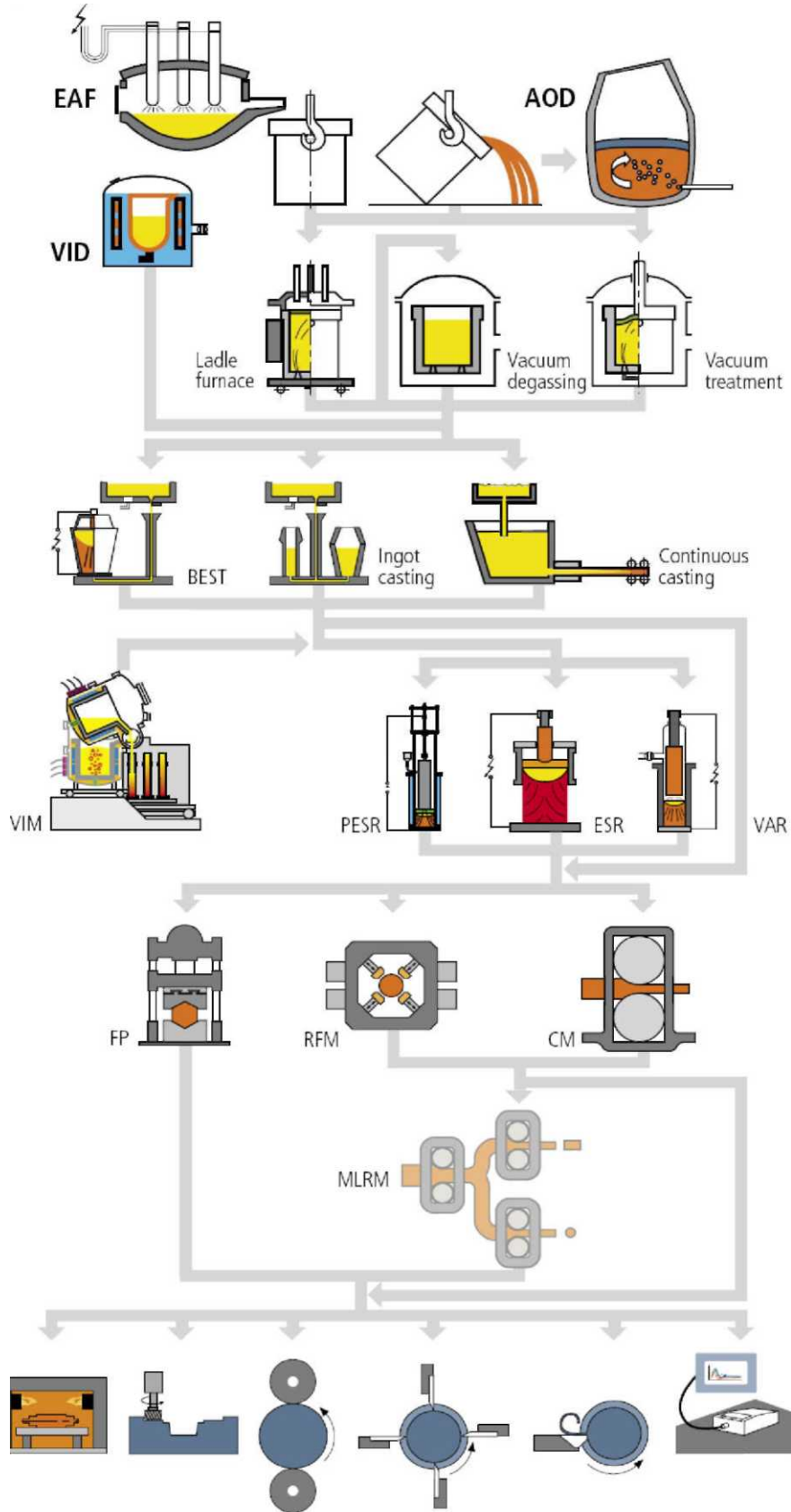
- Termomekanik işlemde amaç, alaşım segregasyonunu ve buna bağlı dendritik morfolojiyi dağıtmak ve en önemlisi tane inceltmeyi sağlamaktır.
- Tane boyutu takım çeliklerinde mikroyapısal temizlikten sonra en önemli faktördür.
- İzotropik mekanik özellikler elde edilmesi için artık günümüzde takım çeliklerine 3 eksenli deformasyon uygulanmaktadır.

Dünya üzerinde bulunan birçok üretici tarafından takım çeliklerinin üretimi gerçekleştirilmekte olup temel olarak takım çeliklerinin üretiminde izlenen yol aynıdır. Takım çeliğinin kalitesi ve göstereceği performans üretim parametreleriyle doğrudan ilgili

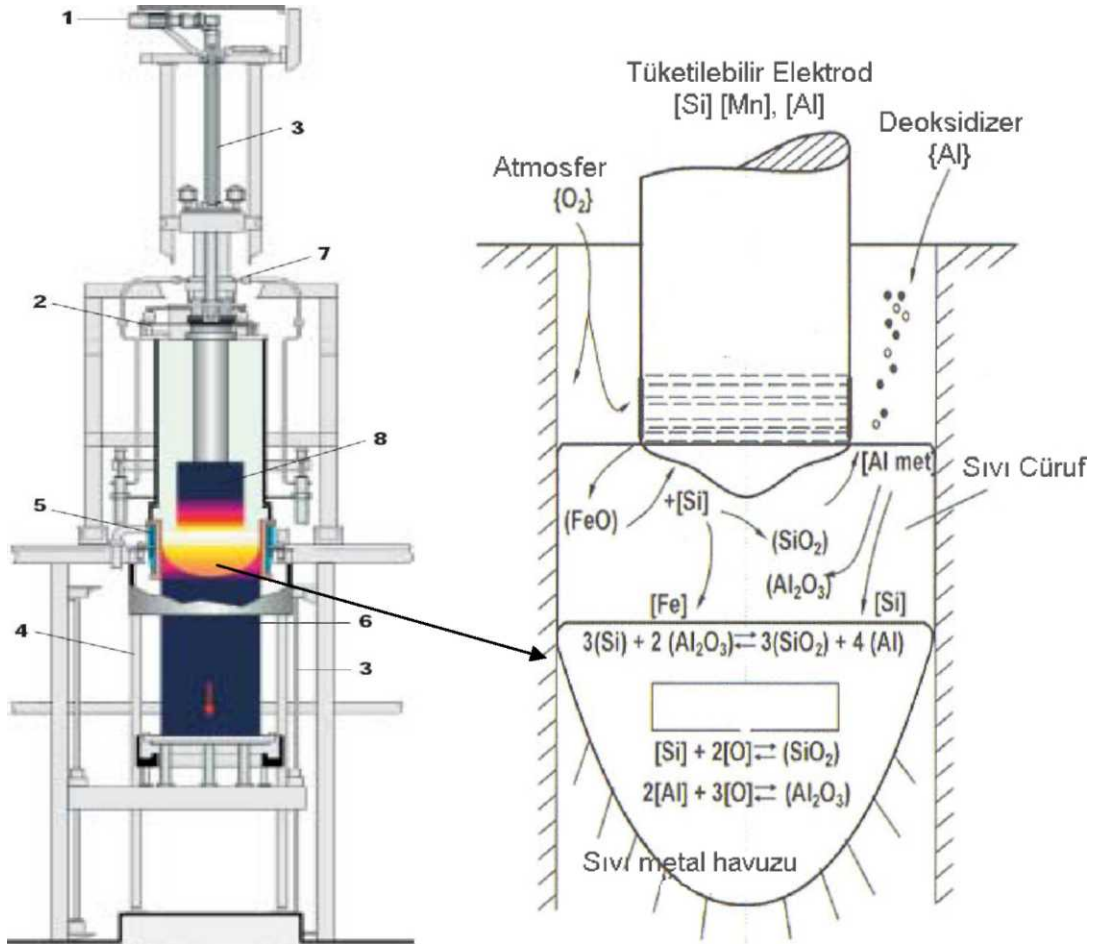
olduğundan takım çeliklerinin üretiminin anlaşılması performansı etkileyen faktörlerin belirlenmesini kolaylaştıracaktır.

Elektrik ark fırınlarında yapılan ergitme işlemi takım çeliklerinin üretimindeki birincil prensip işlemidir. Önceleri elektrik ark fırınında yapılan ergitme işlemi sonrasında doğrudan döküm işlemi gerçekleştirilirken, günümüzde yüksek mikro temizliğe sahip çeliklerin üretilebilmesi için araya bazı prosesler eklenmiştir. EAF' da gerçekleştirilen ergitme işleminin ardından ergiyik daha sonraki rafinasyon işlemleri için AOD (argon oksijen dekarbürizasyon) ya da VOD (vakum oksijen dekarbürizasyon) fırınına alınır. Bu fırınlarda ergiyik içine tüyerlerden uygun oranda azot ve oksijen karışımı üflenerek çelik içindeki H, P, S, C, gibi elementlerin miktarları istenen seviyeye indirilir. Alaşımlandırma işlemi yine AOD fırınında gerçekleştirilir ve W, Si, Mo, V, Mn gibi alaşım elemanlarının ferro alaşımları eklenerek istenen kimyasal kompozisyon elde edilir. İstenen kimyasal bileşim elde edilip ergiyik döküme hazır hale geldikten pota döküm istasyonuna alınır. Buraya kadar olan kısım konvansiyonel yöntemle üretilen başka bir deyişle premium kalitedeki çeliklerin üretilmesinde standart olarak uygulanan işlemidir. Ancak günümüz yüksek performanslı sıcak iş takım çeliklerinin üretiminde döküm işleminde önce mikroporozite ve süreksizlikleri bertaraf etme amaçlı vakum gaz giderme (vacuum degasing) işlemi uygulanır. Bu işlem ile ergiyik üzerindeki atmosfer basıncı ortadan kaldırılır ve hacmen büyüyen gaz boşluklarının pota yüzeyine çıkması sağlanır. Böylece sıcak iş takım çeliklerinde mekanik özellikleri son derece olumsuz etkileyen mikroporozite ve süreksizlik gibi olumsuzluklar minimum seviyeye indirgenmiş olur (Aşan, 2008).

Pota metalürjisi işlemleri sona erip istenen bileşim yakalandıktan sonra çelik elde edilmek istenen yarı mamüle bağlı olarak ya sürekli dökümle ya da yeni bir yöntem olan dipten dökümle ingot olarak dökülür. Dipten döküm yönteminin sıcak iş takım çeliğinin özelliklerine birçok olumlu etkisi vardır. Bu yöntem ile normal dökümün neden olduğu türbülans sonucunda oluşan döküm boşlukları minimum seviyede meydana gelir. Ek olarak döküm öncesinde potanın üzerinde toplanan cürufun ingot içine kontrolsüz karışması engellenerek metal dışı inklüzyon miktarını kayda değer oranda azaltır.



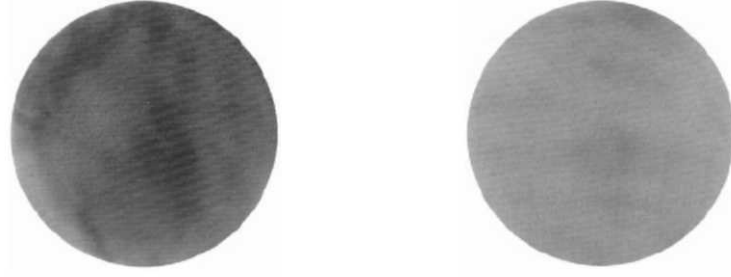
Şekil 3.1 Superior kalite sıcak iş takım çeliklerinin üretiminde uygulanan proseslerin şematik görünümü [2].



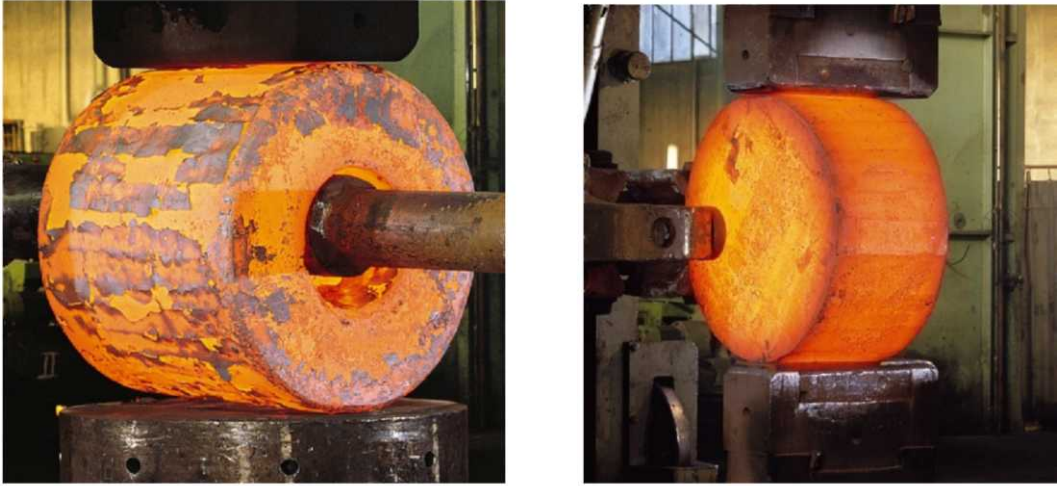
Şekil 3.2 ESR işleminin gerçekleştirildiği fırın (solda) ve cüruf havuzunda meydana gelen reaksiyonlar (sağda) (Chen, 2005).

Döküm sonrasında katılaştan ingot konvansiyonel çelik üretiminde doğrudan termomekanik işleme tabi tutulur. Superior kalite sıcak iş takım çelikleri ise ingot katılaştıktan sonra ilave bir rafinasyon işlemine tabi tutulurlar. Cüruf altı yeniden ergitme (ESR) olarak adlandırılan bu işlem günümüz yüksek performanslı sıcak iş takım çelikleri için vazgeçilmez bir proses haline gelmiştir. ESR işleminde daha önceden elde edilen katılaşmış ingot elektrot olarak kullanılarak tekrar ergitilir. Ergitme, elektrottan uygulanan elektrik akımı ile cürufun iç direncinden kaynaklı ısı açığa çıkmasıyla kısmi olarak gerçekleşir. ESR işleminin çelik özelliklerine iki önemli etkisi söz konusudur. Birincil olarak ESR işlemi ile pota metalürjisi ile giderilemeyen metalik olmayan inklüzyonlar ve istenmeyen elementlerin (P, S) seviyesi daha da aşağılara çekilerek çeliğin tokluk ve ısıl yorulma direnci artırılır. ESR işleminin diğer önemli avantajı ise normal ingot katılaşmasından farklı olarak ingotun kısmi olarak daha

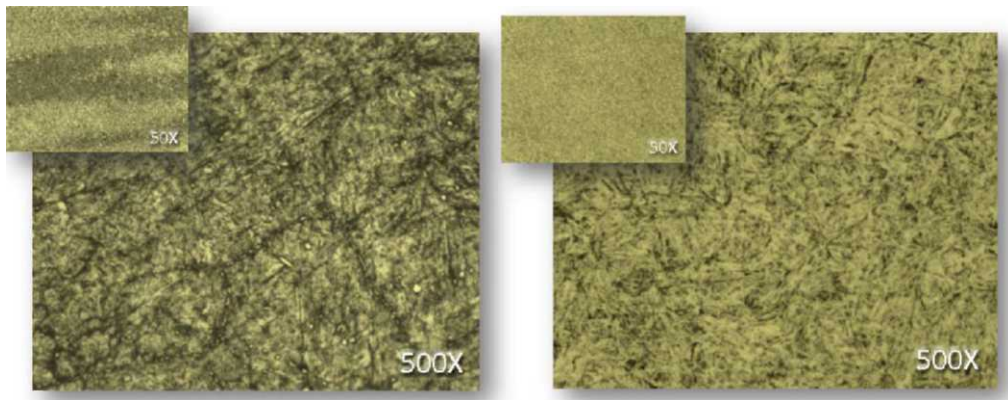
küçük bir bölümünün yeniden ergitilip katılaşması ile alaşım elemanı segregasyonu ve tane irileşmesi minimum seviyeye çekilir.



Şekil 3.3 Konvansiyonel yöntemle ve ESR yöntemiyle üretilmiş 200 çapındaki sıcak iş çeliklerinin makro dağlama sonrası kesit görüntüsü [2].



Şekil 3.4 ESR İşlemi sonrasında uygulanan termomekanik işlem ile çelikte izotropik özellikler ve ince tane dağılımı elde edilir (Aşan, 2008).



Kırılma enerjisi 158 J

Kırılma enerjisi 328 J

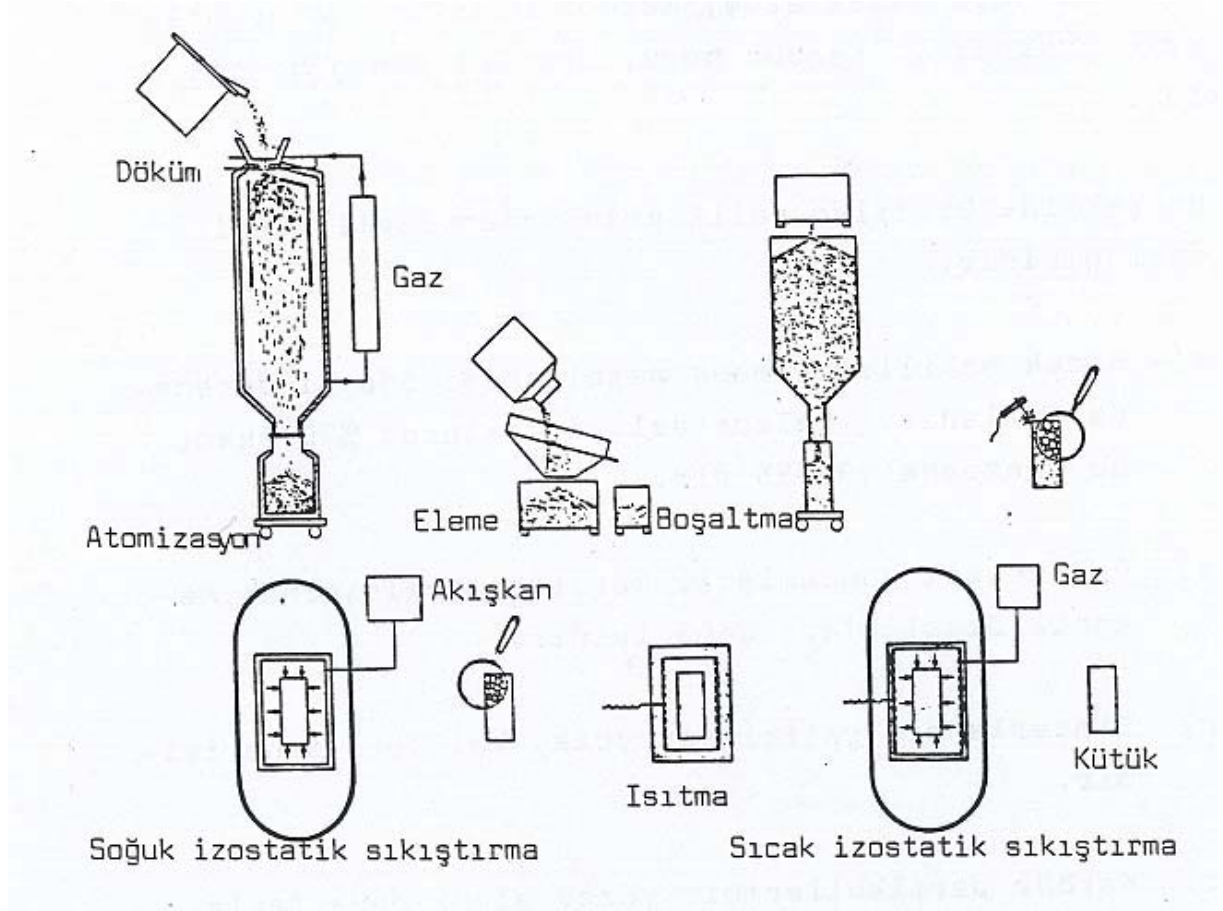
Şekil 3.5 ESR işlemi uygulanmış ve uygulanmamış H13 çeliklerinin sertleştirilmiş ve 44-46 HRC'ye temperlenmiş mikroyapı görüntüleri ve CVN kırılma enerjileri (Aşan, 2008).

3.1 Toz Metalürjisi Yöntemi

Toz metalürjisi (T/M), çeşitli metal işleme teknolojileri arasında en farklı üretim tekniğidir. Yüksek kaliteli ve karmaşık parçaların ekonomik olarak üretilebilmesi, toz metalürjisini cazip kılmaktadır. T/M farklı boyut, şekil ve paketlenme özelliğine sahip metal tozlarını sağlam, hassas ve yüksek performanslı parçalara dönüştürür. Bu işlem; şekillendirme veya presleme ve daha sonra parçacıkların sinterleme yolu ile ısıtılma ve bağlanması basamaklarını içerir. T/M nispeten düşük enerji tüketimine, yüksek malzeme kullanımına ve düşük maliyete sahip otomatikleşmiş işlemleri verimli kullanır. Sahip olunan bu özellikler ile T/M verimlilik, enerji ve hammadde gibi günümüz kaygılarını ortadan kaldırır. Bunların sonucu olarak, T/M konusu sürekli gelişmekte ve geleneksel metal şekillendirme operasyonlarının yerini almaktadır.

Toz metalurjisi ile üretilen takım çeliklerinde segregasyonun bulunmaması sıcak iş çelikleri ve kalıp uygulamaları için onları çekici kılmaktadır çünkü, pres döküm kalıplarındaki erken başarısızlığın sebebi segregasyondan ve heterojen mikro yapıdan dolayı meydana gelen termal yorulmaya bağlanmaktadır. Örneğin H13 sıcak içi boş mil, dört silindirli motor bloklarının döküm kalıbı için kullanılırlar ve ortalama servis ömrü, başlangıç malzemesi az segregasyon içerdiğinde, yaklaşık 27.000 parçadır. Başlangıçta görülür şekilde segregasyona sahip malzemenin ömrü ise 13.000 parçadır (Aydoğan, 2008).

Bu yöntemin, karbür büyüklüğü ve dağılımı üzerinde önemli etkisi vardır. Çizelge 2.4'te gösterilen bu yöntemde, birincil olarak çok yüksek soğuma hızları söz konusudur (104 – 105 C °/S). Buradaki soğuma hızları, elektro curuf ergitmesi dahil, küçük ingot dökümlerden birçok kat daha fazladır.



Şekil 3.6 Toz Yöntemi ile Takım Çeliklerinin Üretim Şeması (Aydoğan, 2008).

Ergimiş çelik, oksidasyonu önleyecek şekilde, bir inert gaz içerisinde (Argon veya azot) atomize edilir. Buna rağmen, metal içerisindeki oksijen içeriği 200 ppm' dir. Atomizasyon esnasında, küçük metal damlacıkları soğutulur ve sertleştirilir. Bu şekilde ince tozlar oluşmuş olur. Partikül boyutu 100-600 μm arasında değişir. Daha sonra tozlar 4000 at'lık bir basınç altında preslenir. Bu şekilde oluşmuş blok, daha sonra istenilen boyutlara dövülür. Yine de iç kısımlarda mikro porozlar oluşabilir. Sinterlenmiş çeliklerde, karbür dağılımı ve boyutları ideale yakındır. Karbür boyutları 2-3 μm gibi çok küçüktür.

Bu şekilde üretilen çeliklerin üstün özellikleri aşağıdaki gibidir.

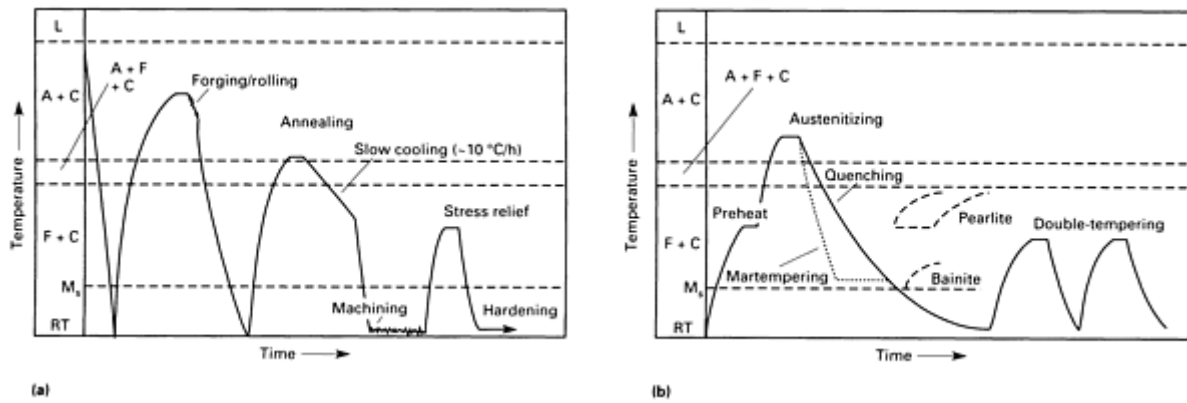
- Sıcak şekillendirmede metal akışı önemli derecede fazladır. Geleneksel yöntemlerde %70 iken, bu yöntemde %90-95'dir.
- Geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, mekanik özellikleri daha iyidir.
- Sinterlenmiş çeliklerde yüzey kalitesi daha iyidir.
- Karbür partiküllerinin yüzey alanı daha fazla olduğu için, aşınma dayanımı %20-30 arttırılmıştır.

4. TAKIM ÇELİKLERİNİN ISIL İŞLEMLERİ

Çeliğin özelliklerini istenilen şekilde değiştirmek üzere, kontrollü bir şekilde yapılan ısıtma ve soğutma işlemlerinin tümüne ısıtma işlemleri denir. Isıl işlemler çeliğin katı haldeki dönüşümleri ile gerçekleşir. Dönüşüm sıcaklıkları çeliğin içermiş olduğu karbon miktarına bağlıdır. Bu nedenle dönüşümler için belirli sıcaklıklar verilmez. Isıl işlemler üç ana gruba ayrılabilir; Tavlama, sertleştirme, ıslah etme (Aydoğan, 2008).

Çeliklere uygulanan bütün temel ısıtma işlemleri östenit fazının dönüşümü ile ilgilidir. Dönüşüm ürünlerinin türü, bileşimi ve metalografik yapısı çeliğin fiziksel ve mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Başka bir deyişle; bir çeliğin fiziksel ve mekanik özellikleri içerdiği dönüşüm ürünlerinin cinsine, miktarına ve metalografik yapısına bağlıdır

Bütün takım çeliklerine; aşınma dayanımı, deformasyona karşı dayanım veya yüksek yüklere maruz kalındığında kırılmaya karşı dayanım ve yüksek sıcaklıklardaki yumuşamaya karşı dayanım kombinasyonunu sağlayabilmesi için ısıtma işlemleri yapılmalıdır. Takım çelikleri üreticileri tarafından doğru ısıtma işlem koşulları ile doğrudan basit şekiller elde edilebilir. Ancak; takım çeliklerinin çoğu, istenilen şeklin elde edilebilmesi için, önce şekillendirilir daha sonra ısıtma işlemi yapılır. Şekil 4.1’de takım çeliklerinin tipik proses ve birbirini izleyen ısıtma işlemleri zaman, sıcaklık ve faz dönüşümlerinin fonksiyonu olarak verilmiştir. Isıl işlemlerden sonraki hatalı işlemler, genellikle taşlama işlemi, artık gerilme ve çatlakların ilerlemesine sebep olur. Bu üretim yöntemleri her ne kadar son yıllarda gelişse de, metalürjik zarar ve yüzey gerilmeleri başlıca problemidir.

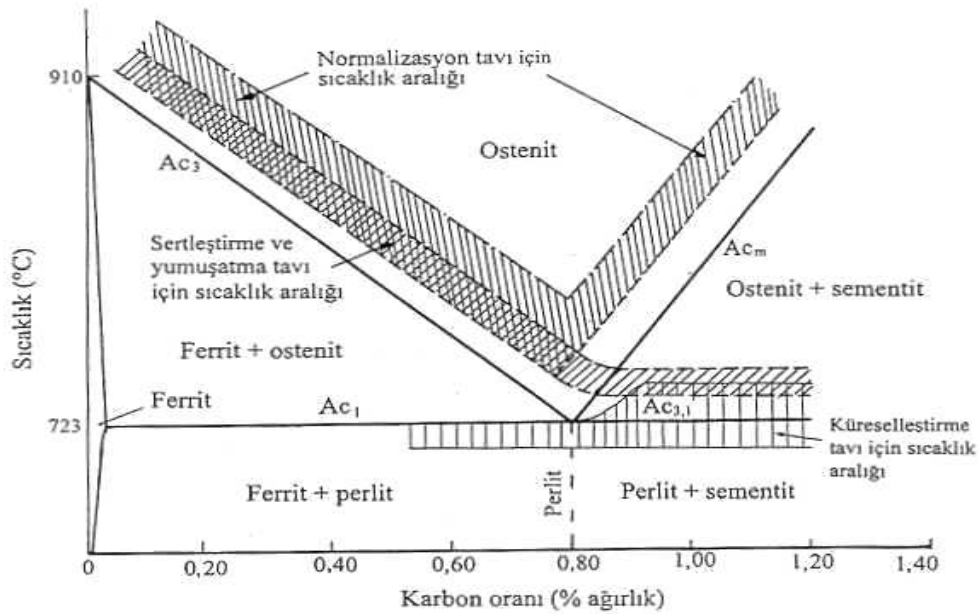


Şekil 4.1 Takım çeliklerinin üretimi için gerekli olan prosesler gösterilmiştir. (a) Termomekanik prosesler (b) Sertleştirme ısıtma işlemi. L, sıvı; A östenit; C, sementit; F, ferrit; Ms, martenzitin oluştuğu sıcaklık; RT, oda sıcaklığı (Aydoğan, 2008).

İşlem	Yumuşatma	Sertleştirme	Meneviş
Metod	600-800°C arası tavalayıp yavaş soğutma	800°C üzerindeki sıcaklıklardan soğutma (çoğunlukla hızlı)	100-700°C arası ısıtma (çoğunlukla birkaç defa)
Etki	En düşük sertlik, en iyi işlenebilirlik, sertleştirme için en iyi başlangıç durumu	En yüksek sertlik, kötü işlenebilirlik, düşük tokluk	İstenilen sertlik değerlerinin uygun tokluk ile elde edilmesi kullanım sıcaklığında hemen çatlama tehlikesinin önlenmesi
Sonuç	Uygun teslimat durumu	En uygun kullanım özellikleri	

Şekil 4.2 Takım çeliklerine yapılan ısı işlemler, etkileri ve sonuçları.

Şekil 4.2 'den anlaşılacağı üzere, takım çeliklerinin kullanıma hazır hale gelmesi prensip olarak, yumuşatma ve talaşlı imalata uygun hale getirme, tane homojenizasyonu, son şeklin verilmesi, sertleştirme, menevişlenerek tokluğun artırılması ve ikincil sertleşme sağlanarak çalışma sertlik ve tokluğuna kavuşturulması olarak sıralanabilir.



Şekil. 4.3 Takım çeliklerinde tavlama bölgeleri

4.1 Yumuşatma Tavı

Yumuşatma tavı, çelik içyapısındaki tane boyutunu küçülterek sertliği azaltmak, talaş kaldırmayı kolaylaştırmak veya döküm ve dövme parçalarındaki iç gerilmeleri gidermektir. Ötektoid altı çelikleri Ac3, ötektoid üstü çelikleri ise Ac1 çizgilerinin üzerindeki belirli sıcaklıklara kadar ısıtılır, içyapılarını östenite dönüştürdükten sonra fırın içerisinde tutarak çok yavaş soğutulur. (Şekil. 4.3)

4.2 Normalizasyon Tavlama

Normalizasyon, genellikle yüksek sıcaklıklara ısıtılmış (örneğin, dövme ve kaynak gibi işlemler için) ve taneleri kabalaşmış bir çeliğin tane boyutunu küçültmek, homojen bir iç yapı elde etmek ve mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla yapılır. Genellikle ötektoid altı çeliklerinin Ac3 ve ötektoid üstü çelikleri Ac_m dönüşüm sıcaklıklarının yaklaşık olarak 40-50°C üstündeki sıcaklıklara kadar ısıtılıp tavlandıktan sonra fırın dışında sakin havada soğutma işlemidir (Şekil. 4.3). Normalizasyon tavı ile çeliğe çekme mukavemeti ve süneklik gibi özellikleri geri kazandırılır.

Normalizasyon tavının belli başlı amaçları;

- Tane küçültmek,
- Homojen bir içyapı elde etmek,
- Ötektoid üstü çeliklerde tane sınırlarında bulunan karbür ağını dağıtmak,
- Çeliklerin işleme özelliklerini iyileştirmek,
- Mekanik özellikleri iyileştirmek,
- Yumuşatma tavına tabi tutulmuş çeliklerin sertlik ve mukavemetlerini artırmak, olarak sıralanabilir.

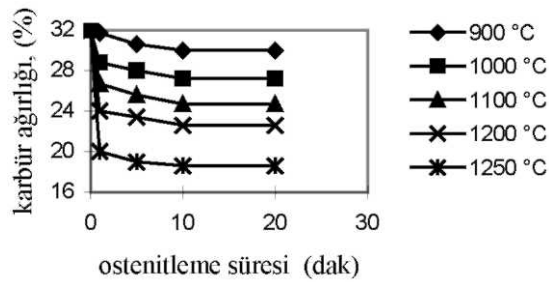
4.3 Gerilim Giderme Tavı

Bir çelik işlendiğinde veya plastik deformasyona tabi tutulduğunda, soğuk deformasyona uğramış yüzeylerinde gerilmeler oluşur. Bu gerilmeler çeliğin sürekli işlenmesini zorlaştırırlar. Buna ilave olarak, işleme veya plastik deformasyon sonrası uygulanacak ısıtım işlemi sırasında, çeliğin distorsiyonuna neden olurlar. Dolayısıyla, bu gerilmelerin giderilmeleri gerekir. Gerilim giderme tavlama işleminin uygulandığı sıcaklık, çeliklerin bileşimlerine göre değişir. Gerilim giderme tavlama herhangi bir faz dönüşümü oluşturmaz. Ancak yeniden kristalleşmeye neden olabilir.

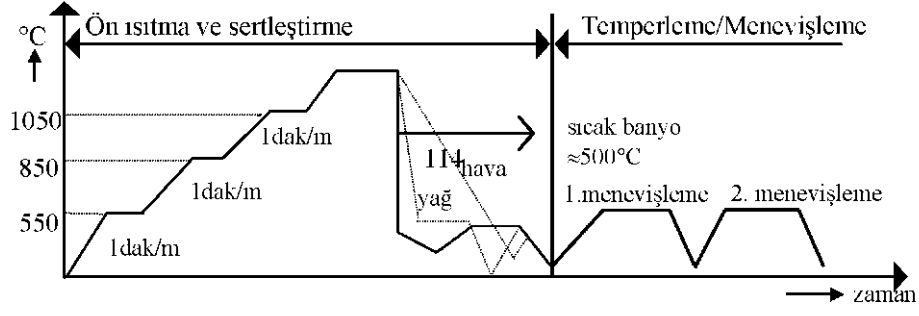
4.4 Sertleştirme

Kademeli ısıtma ile östenitleme sıcaklığına ulaşan çeliğin yapısındaki karbürlerin çoğu, bu sıcaklıkta çözünür ve östenit fazı oluşması için gerekli karbon ve alaşım elamanlarını yapıya verirler. Çeliğin soğutma ortamında hızla soğutulması ile karbon östenit fazı içinde sıkışır, sert ve gerilimli hacim merkezli tetragonal bir yapı oluşur ki, bu yapıya 'martenzit' denir. Çeliklerde sertlik durgun hava, üfleme veya yağda veya suda soğutma ile sağlanır. Soğutma ortamı ve hızı çeliğin özellikleri, takım geometrisi, çalışma şartları ve çalışma sıcaklığı göz önünde bulundurularak saptanır. Termal şok nedeniyle çatlamalar, aşırı sertlik ve kırılabilirlik engellenir ve parça çoğunlukla temperleme işlemine tabi tutulur. Şekil. 4.5 'de yüksek hız çeliklerinin kademeli olarak ısıtılması, sertleştirilmesi ve son olarak temperlenmesi işlemi görülmektedir.

Hava üfleyerek soğutma yapılıyorsa, havanın sertleşecek yüzeye düzenli olarak üflenmiş olması gerekir. Tüm hava kuru olmalıdır. Yağda soğutulan parçalar tamamen yağ banyosuna daldırılmalı, banyonun sıcaklığına erişene kadar tutulmalı ve derhal meneviş fırınına transfer edilmelidir. Menevişlemeden başka yapıdaki artık östeniti martenzite dönüştürmenin diğer bir yolu da oda sıcaklığına kadar havada soğutulmuş hız çeliğini, 'sıfır altı işlemi' diye bilinen bir işlem uygulamasıyla sıvı azot (-196°C) ya da katı karbondioksit (kuru buz, -78°C) ortamına daldırmaktır. Sertleştirme işleminde östenitleme sıcaklığı ve süresi önemlidir. Sıcaklık ve süre az olduğunda az karbür çözünür ve su verme sonucunda elde edilen martenzit yeteri kadar sert olmaz. Bunun yanında aşırı yüksek sıcaklık ve sürelerde yapılan sertleştirme işlemi karbürlerin köşeleşmesine, tane büyümesine ve bölgesel erimelere yol açar. Östenitleme sıcaklığını ve süresini arttırdıkça östenit içinde daha fazla karbon çözünür, martenzit oluşma sıcaklığı düşer ve çeliğin su verilmiş yapısında daha fazla artık östenit bulunur. Bu bakımdan östenitleme sıcaklığında ve süresinde optimizasyon söz konusudur. Şekil 4.4 'de artan östenitleme sıcaklığı ve süresi ile daha fazla karbürün çözüldüğü görülmektedir (Tayanç ve Gülcan, 2000).



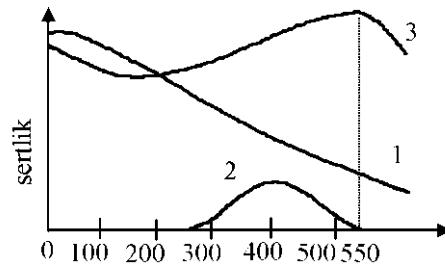
Şekil 4.4 Hız Çeliklerinde Karbür Çözünmesinin Östenitleme Sıcaklık ve Süresi ile İlişkisi



Şekil 4.5 Yüksek Hız Çeliklerinin Kademeli Isıtılıp Sertleştirilmesi ve Menevişleme

4.5 Temperleme

Sertleştirme işlemiyle çelik sert ve kırılgan bir hale gelir. Bu çeliklerin belli bir sünekliğe getirilmesi için temperleme, diğer adıyla “menevişleme” yapılması gerekir. Sertleştirme işlemi takiben yapılan menevişleme işlemi genel olarak çeliğin gerilimini azaltmak amacıyla yapılır. Bunun dışında yüksek alaşımlı takım çeliklerinin martenzit tamamlanma sıcaklığı (M_f) oda sıcaklığının altında kaldığından sertleştirme sonucu yapıda oluşan artık östenitin dönüşümünü sağlamak için yapılır. Menevişleme ile malzemenin çatlama tehlikesi azalır ve tokluğu artar. Menevişleme sırasında çelik bünyesindeki demir-karbürün kısmen ayrışması sonucu sertlikte düşme olur. 450°C sıcaklığın üzerinde Mo_2C ve W_2C karbürleri ayrışır ve sertliği tekrar önemli ölçüde artar. 500-600°C sıcaklığında ayrışma (çökme) sertliği meydana geldiğinden sertlik en yüksek değerine ulaşır. Bu olaya sekonder veya ikincil sertleşme denir. Menevişleme sırasında karbürler sadece sertleştirme ile elde edilen martenzit fazından değil aynı zamanda artık östenitten de ayrışır. Alaşım elemanı ve karbon oranları azalan artık östenitin martenzit oluşumu başlama sıcaklığı (M_s) yükselir. Menevişleme sonucu artık östenitin temperlenmemiş martenzite dönüşmesi yeniden menevişlemeyi gerektirebilir. İşlem sonunda içyapı, ince iğneli martenzit içinde dağılmış ince karbürlerden oluşur. Şekil 4.6 'da yüksek hız çeliklerine ait menevişleme sıcaklığı ile sertliğin değişimi genel olarak verilmektedir.



Şekil 4.6 Menevişleme sıcaklığı ile sertliğin değişimi

1 numaralı eğri martenzitin Fe_3C ve benzeri karbürler ile ferrite ayrışması sonucu sertliğin düştüğünü gösterir. 2 numaralı eğride ise östenitleme sırasında çözünen özel karbürlerin yeniden oluşup çökmesi ile sertlik artmaktadır. 3 numaralı eğri, 1 ve 2 eğrilerinin toplam etkisini, yani menevişleme sıcaklıkları için çeliğin sertliğinin değişimini göstermektedir. (Tayanç ve Gülcan, 2000).

4.6 Yüzey Sertleştirme

Takımın menevişlenerek ikincil sertleşmeye uğraması ve tokluğunun iyileştirilmesinden sonra, gerekli görülen durumlarda ilave yüzey sertleştirme işlemleri yapılır. Bu işlemlerin temel prensibi, yüzeye yüksek sertlik kazandırılırken, merkezin tok kalması ve takımın hem maksimum sertlikte hem de yeterli toklukta bir kimliğe bürünmesidir. Yüzey sertleştirme prensip olarak ikiye ayrılabilir.

4.6.1 Fiziksel Yöntemlerle Yüzey Sertleştirme

Takım yüzeyi alevle veya indüksiyon akımı ile sertleştirilebilir. Bu işlem, prensip olarak takım yüzeyinin belirlenen bir derinliğe kadar ısıtılarak hızlı soğutulması prensibine dayanır. İndüksiyon yüzey sertleştirme parçanın tamamında sertlik istenmediği durumlarda kullanılan alternatif bir ısıtım işlemi türüdür. Özellikle otomotiv sanayinde yoğun olarak tercih edilir. İndüksiyon yüzey sertleştirme bölümünde, parça teknik resmine göre sertlik istenen bölgeler elektriksel manyetik alan ile hızlı bir şekilde sertleştirme sıcaklığına çıkarılır ve ani olarak soğutulur. Soğutma ortamı olarak su veya yoğunluğu ayarlanmış yağ kullanılır. Bu sayede parçaların istenen bölgeleri sertleştirilirken diğer bölgeler ise yumuşak kalır.

4.6.1 Kimyasal Yöntemlerle Yüzey Sertleştirme

Takım yüzeyinden belirli bir derinliğe kadar karbon ve azot gibi elementlerin yayındırılarak sonrasında sertleştirilmesi prensibine dayanır. Sementasyon, nitrasyon, karbonitrasyon ve oksidasyon gibi işlem türleri mevcuttur.

Sementasyon en eski yüzey sertleştirme işlemlerinden biridir. Karbon içeriği düşük olan çelik malzeme yüzeyine katı, sıvı veya gaz ortam içerisinde karbon verilmesi (emdirilmesi) esasına dayanır. Östenit sıcaklığına ısıtılan (850-950 C) parça istenilen sertlik derinliğine bağlı olarak yüksek sıcaklıkta belirli bir süre tutulur ve daha sonra su, yağ, tuz veya polimer gibi uygun bir sertleştirme ortamında sertleştirilir. Sertleştirme sonrası gerilim giderme ve

meneviş işlemleri uygulanır. Bu işlemler sonrası parça yüzeyinde karbonca zengin aşınmaya dirençli bir yapı oluşurken, çekirdekte tok bir yapı meydana gelir.

Nitrasyon ise düşük sıcaklıkta yapılan bir yüzey sertleştirme işlemidir. Çelik parça yüzeyine azot atomlarının ara yer atomu olarak gönderilmesi ile yüzeyde sert bir tabakanın oluşturulması esasına dayanır. Azot sağlayıcı ortam olarak tuz banyosu ve gaz atmosferi kullanılabilir. Sert tabakanın oluşması için yüksek hızda soğutma hızı gerekmez. Genel olarak tüm çelikler için nitrasyon sıcaklığı 495-5800 C arasında değişir. Düşük sıcaklıkta uygulanması ve yüksek soğuma hızı gerektirmemesi nedeni ile parçalarda çarpılma minimum seviyededir.

Oksidasyon yapışma ve buna bağlı adhesif aşınmanın yaşandığı metal enjeksiyon uygulamalarında kalıp yüzeyinde yağlayıcı özelliğe sahip oksit filmi oluşturma işlemidir. İşlem sonrasında yüzeyde oluşan 2-5 µm kalınlığındaki Fe_2O_3 ve Fe_3O_4 demir oksit filmi kalıp ile ergimiş metal arasında bir bariyer oluşturarak mekanik ve intermetalik faz oluşumuna bağlı yapışmayı engeller. Özellikle soğutmanın yetersiz kalabileceği ya da yağlayıcı ve soğutucu spreyn ulaşmasının zor olduğu karmaşık figürlü kalıplarda ilk kullanımdan önce oksidasyon yapılır. Bu tür kalıplarda oksidasyonun en önemli etkisi kalıbın dizaynından dolayı yağlayıcının ulaşamadığı bölgelerde ergimiş metalin kalıp yüzeyine direk temasını engelleyerek yapışmayı azaltmasıdır [8].

5. TAKIM ÇELİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Takım çelikleri başlıca 3 ana grupta toplanırlar, ancak yapılacak iş ve malzemeye göre değişik alaşım grupları ile çok daha değişik amaçlar için bu grupları çoğaltmak mümkündür.

- Soğuk iş takım çelikleri,
- Sıcak iş takım çelikleri,
- Yüksek hız takım çelikleri olarak ayırabiliriz.

Ek olarak; Amerika Demir Çelik Enstitüsü takım çeliklerinin başlıca gruplara ayrıldığı bir sınıflandırma yapmıştır:

- Suda sertleştirilen takım çelikleri
- Şok dirençli takım çelikleri
- Kalıp takım çelikleri
- Özel amaçlı takım çelikleri
- Soğuk iş takım çelikleri
- Sıcak iş takım çelikleri
- Yüksek hız çelikleri

5.1 Soğuk İş Takım Çelikleri

Genel anlamda soğuk iş takım çelikleri, işlem sıcaklığı 200 C'nin altında bulunan iş parçalarının şekillendirilmesinde, talaşlı ve talaşsız imalatlar için kullanılır. Dolayısı ile soğuk olarak yapılan uygulamalarda, yüksek sıcaklıklara dayanımın gerekmediği durumlarda kullanılan en uygun çelik türleridir. Hassas kesme, makasla kesme ve soğuk şekillendirme işlerinde kullanılırlar. Kullanım amacına göre soğuk iş takım çeliklerinde değişik özellikler aranabilir. Bunlar alaşımlı ve alaşımsız takım çeliklerinin kimyasal bileşimleriyle alakalıdır. Soğuk iş takım çelikleri aşağıdaki özellikleriyle bilinirler;

- İyi işlenebilirlik
- Yüksek aşınma dayanımının olması
- Isıl işlemde boyut değiştirmelerinin çok az olması
- Yüksek aşınma dayanımlarının olması,
- Yeterli tokluk ve basma mukavemetlerinin bulunması (Aydoğan, 2008).

Soğuk iş takım çeliklerinin prensip grupları yağda sertleştirme, havada sertleştirme ve yüksek karbon tipleridir [3].

5.1.1 Soğuk - İş (Yağda Sertleştirilmiş) Takım Çelikleri (O Tipi)

Soğuk iş takım çelikleri aşınma direnci ve tokluğun önemli olduğu kalıp uygulamaları ve soğuk iş takımları için uygun olarak kullanılır. Yağda sertleştirilmiş soğuk iş takım çelikleri en fazla kullanılan takım çelikleri arasındadır. Bu çeliklerin özellikleri yüksek su verme sertliğini, düşük, su verme sıcaklıklarından yüksek sertleşebilirliği, su verme sonrasında girintili çıkıntılı kesitlerde çatlağın bulunmamasını ve kesme işlemleri için keskin uçların korunmasını içerir. Buna karşın, bu çelikler yüksek hızda kesme veya sıcak iş işlemleri için kullanılmazlar. Çizelge 5.1 'de yağda sertleştirilmiş O tipi takım çeliklerinin kimyasal kompozisyonları verilmiştir.

Çizelge 5.1 Soğuk İş Yağda Sertleştirilmiş (O Tipi) Takım Çeliklerinin Kimyasal Kompozisyonları [3].

AISI Tipi	% C	% W	% Mo	% Cr	% V	% Diğer
O1	0,9	0,5	—	0,5	—	1,00 Mn
O2	0,9	—	—	—	—	0,16 Mn
O6	1,45	—	0,25	—	—	Mn - 1 Si
O7	1,2	1,75	—	0,75	—	—

5.1.2 Soğuk - İş (Orta Alaşım, Havada Sertleştirme) Takım Çelikleri (A Tipi)

Havada sertleştirme soğuk iş takımı çelikleri özellikle gerdirmeye, biçimlendirme ve çekme kalıpları gibi oldukça iyi aşınma ve aşırı tokluğun gerekli olduğu uygulamalar için uygundur. Bu çelikler karmaşık kalıplar için kullanılabilir. Çünkü bu çeliklerin sertleştirme ve temperlemeden sonraki boyutsal değişikliği yaklaşık olarak Mn 'lı yağda sertleştirme takım çeliklerinin üçte biri kadardır. Havada sertleştirilen soğuk iş takım çeliklerinden prensip alaşım elementleri % 1 - 2 C 'a ilaveten krom mangan, molibden, vanadyum ve nikeldir. Çizelge 5.2 'de havada sertleştirilen (A tip) takım çeliklerinin kimyasal kompozisyonları verilmektedir.

Çizelge 5.2 Soğuk İş (Orta Karbon) Havada Sertleştirme (A Tip) Takım Çeliklerinin Kimyasal Kompozisyonları [3].

AISI Tipi	% C	% W	% Mo	% Cr	% V	% Diğer
A2	1	—	1	5	—	—
A3	1,25	—	1	5	1	—
A4	1	—	1	1	—	2,00 Mn
A6	0,7	—	1,25	1	1	2,00 Mn
A7	2,25	1	1	5,25	4,75	—
A8	0,55	1,25	1,25	5	—	—
A9	0,5	—	1,4	5	—	1,50 Ni
A10	1,35	—	1,5	—	—	Mn Si 1,80 Ni

5.1.3 Soğuk - İş (Yüksek Karbon, Yüksek Krom) Takım Çelikleri (D Tipi)

Yüksek karbon, yüksek kromlu takım çelikleri, 1915 'de ABD 'de tanıtılmış ve orijinal olarak muhtemelen yüksek - hız takım çeliklerinin yerini alması için geliştirilmiştir. Bu çelikler, yüksek kesme hızlarında etkili sertliğe sahip olmadıkları ve de çok kırılgan oldukları için bu amaç için sınırlı kullanıma sahip olmuştur. Buna karşın bu çeliklerin keşfedilen yüksek aşınma dirençleri ve deforme olmayan özellikleri, soğuk iş kalıp çelikleri için bu çelikleri cazip hale getirmiştir. Bu gün kullanımda olan prensip D-tipi takım çeliklerinin kimyasal kompozisyonları Çizelge 5.3 'de verilmektedir.

D tipi soğuk iş takım çeliklerinin aşınma dirençleri yüksek krom (% 12) ve karbon (% 1,5 - 2,3) içeriklerinden kaynaklanmaktadır. Yüksek krom, yüksek karbon takım çelikleri arasındaki aşınma direnci farklılıkları esas olarak karbon içeriklerinin bir sonucudur.

D tipi takım çeliğinin yüksek krom içeriği, yüksek sıcaklıklarda oksidasyona ve sertleştirildiğinde ve parlatıldığında da lekelenmeye karşı iyi direnç sağlar.

Bu çeliklere farklı tipler oluşturmak için küçük miktarlarda, molibden, vanadyum, kobalt ve tungsten katılır. Molibden sertleşebilirliği ve tokluğu artırır. Fakat östenit tane boyutunu küçültür ancak kalıntı östenit miktarını çok zor etkiler. Vanadyum, tane boyutunu küçültür ancak % 0,8 'den fazla katıldığında sertleşebilirliği azaltır. Vanadyum kalıntı östeniti de azaltır ve tokluğu da % 1 miktarında artırır.

Çizelge 5.3 Soğuk - İş, Yüksek Karbon, Yüksek Kromlu (D Tipi) Takım Çeliklerinin Kimyasal Kompozisyonları [3].

AISI Tipi	% C	% W	% Mo	% Cr	% V	% Diğer
D2	1,5	—	1	12	1	—
D3	2,25	—	—	12	—	—
D4	2,25	—	1	12	—	—
D5	1,5	—	1	12	—	3,00 Co
D7	2,35	—	1	12	4	—

5.2 Sıcak İş Takım Çelikleri

Takım çelikleri sıcak işler için kullanıldıklarında soğuk iş veya kesme için kullanılan takım çeliklerine göre daha kesin fiziksel özelliklere sahip olmalıdır. Sıcak iş takım çeliklerinde olması gereken önemli özellikler şunlardır (Aydoğan, 2008).

Çalışma Sıcaklığında Deformasyona Karşı Dayanım

Çalışma sıcaklığından bahsedildiğinde, kullanım esnasında yüzeylerin ulaştığı maksimum sıcaklık akla gelmelidir. Bu değer her zaman ortalama sıcaklıktan daha yüksektir. Karbonlu

Çelikler ve düşük alaşımlı sınıfları için başlıca engel, oda sıcaklığında sert ve güçlüyken çalışma sıcaklığında yumuşak ve güçsüz hale gelmeleridir. Hatta sıcak iş takım çelikleri de oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda, daha az sertlik ve glktedirler. Fakat yine de güvenli çalışma için yeterli sertlik ve dayanıma sahiplerdir. Sıcaklığın yüksek ve temas sresinin uzun olduğu operasyonlarda, tavlama ile yumuşamayı önlemek için, takım yüzeyleri her bir işlem arasında soğutulmalıdır.

şoka Karşı Dayanım

Bu hizmet sırasında ortaya çıkabilecek termik ve mekanik şokun her ikisine birden karşı dayanım anlamına gelir. şok dayanımını arttırmak için bu tür çeliklerde karbon seviyesini düşük tutmak gerekir. Tokluk; hızlı çatlak ilerlemesini ve başarısız sonulanmayı önlemek için önemlidir.

Aşınma veya Erozyona Karşı Dayanım

Genelde alışma sıcaklığındaki aşınmaya karşı dayanımın arttırılması tokluğun azalmasıyla meydana gelir.

Isıl İşlem Sırasındaki Deformasyona Karşı Dayanım

Karışık kalıplarda ısııl işlem sırasında en az hareket veya eğilmenin meydana gelmesi istenir. Az soğutmaya ihtiyaç duyan yüksek alaşımlı çelikler bu problem için genel çözümdür.

İşlenebilirlik

Makinede işlemenin zorunlu olduğu durumlarda tavllanmış koşullardaki çelikler için işlenebilirlik istenir. Özel alaşım elementi eklemek, diğer çeliklerde işlenebilirliği arttırmak için eklense de, sıcak iş takım çeliklerinde istenmeyen yan etkilere sebep olur. Örneğin; daha düşük dayanım ve yorulma dayanımı limiti gibi. Sonuç olarak, iyi işlenebilirlik uygun üretim ve tavlama teknikleriyle mümkündür.

Isıl atlamalara Karşı Dayanım

Isıl çatlamalar takım yüzeyinde gelişen derin olmayan çatlaklardır. Neredeyse tüm sıcak iş takım çeliklerinde ısııl çatlamalara rastlanır. Isıl çatlamalara dayanıma karşı istenilen özellikler yüksek yorulma dayanımı, oksitlenmeye karşı dayanım ve sıcak dayanımdır. Bilinen bütün sıcak iş takım çelikleri çeşitli derecelerdeki ısııl çatlamalara meyillidir. Fakat içerisinde silisyum ve krom alaşım elementlerini içeren çelikler en dayanımlı olanlardır. Ne yazık ki, bu çeliklerin yumuşamaya karşı dayanımları sınırlanmıştır ve yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılamazlar.

Sıcak iş takım çelikleri aşağıdaki sıcak şekillendirme işlemleri için kullanılmaktadırlar.

Çizelge 5.4 Uygulama alanlarına göre sıcak iş takım çelikleri (Aydoğan, 2008).

Uygulama Alanları	Sıcak İş takım Çelikleri
Sıcak dövme takımları ve kalıpları Değiştirilebilir kalıp Dövme makinası pompası ve matkabı	Pres ve dövme kalıplarında; H20, H21 Uzun süreli hizmet şartları için H22-H26
Sıcak ekstrüzyon takımları ve kalıpları Ekstrüzyon kalıpları ve milleri Yardımcı blok Valf ekstrüzyon takımları	Ekstrüzyon kalıpları ve yardımcı bloklar: H21-H26 Daha az ısıya maruz kalan takımlar: H10- H14, H19
Soğuk şekillendirme kalıpları Eğme, şekillendirme, haddeden çekme kalıpları ve matkapları	Soğuk başlıklar için koruyucu kalıp: H13
Kesme takımları Pompa, delme ve kesme için kalıplar Kesme bıçakları	Kesme bıçakları için: H11, H12 Bazı sıcak kesme uygulamaları için: H21, H25
Metaller için döküm kalıpları ve metal dışı malzemeler için kalıplar	Al ve Pb için: H11, H13 Pirinç için: H21
Bazı hizmet koşulları için yapısal parçalar	Uçak bileşenleri için (iniş takımları, durdurma kancaları, roket kutuları): H11

Sıcak iş takım çelikleri üç prensip tipe sahiptir. (1) Krom esaslı tipler H1 'den H19 'a , (2) tungsten esaslı tipler H20 'den H39 'a, ve (3) molibden esaslı tipler H40, H59 'a. Hali hazırda kullanılan sıcak iş takım çeliklerinden bazılarının kimyasal kompozisyonları Çizelge 5.5 'de verilmiştir.

H11, H12 ve H3 gibi % 5 Cr 'lu sıcak iş takım çelikleri yüksek sertleşebilirliğe sahiptir ve nispeten geniş kesitler minimum miktarda boyutsal değişikli havada soğutma ile sertleşebilir. Nispeten yüksek miktarlardaki silisyum, oksidasyon direncini iyileştirmek içindir. Bu alaşım, katı eriyikte % 5 Cr ve % 1,5 Mo içerdiğinden reaksiyon zamanı, karbür çökmesi için gerekli zaman haricinde oldukça uzundur.

Çizelge 5.5 H Tipi Sıcak İş Takım Çeliklerinin Nominal kimyasal Kompozisyonları [3].

AISI Tipi	% C	% W	% Mo	% Cr	% V	% Diğer
H10	0,4	—	2,50	3,25	0,4	—
H11	0,35	—	1,5	5	0,4	—
H12	0,35	1,5	1,5	5	0,4	—
H13	0,35	—	1,5	5	1	—
H14	0,4	5	—	5	—	—
H19	0,4	4,25	—	4,25	2	4,25 Co
H21	0,35	9	—	3,5	—	—
H22	0,35	11	—	2	—	—
H23	0,3	12	—	3	—	—
H24	0,45	15	—	3	—	—
H25	0,25	15	—	4	—	—
H26	0,5	18	—	4	1	—
H42	0,6	6	5	4	2	—

5.3 Yüksek Hız Çelikleri

Yüksek hız çelikleri oldukça alaşımlandırılmış çelikleridir; çok sert metallerin yüksek kesme hızları için kullanılır (Bu nedenle isim "yüksek hız" dır). Bu çeliklerle ilgili kesme hızları takım ucunda genellikle kırmızı aralık sıcaklıklarına neden olur. Bu koşullara rağmen yüksek sıcaklık sertliğini büyük oranda ve uzun süre koruyan malzemelerdir. Bu malzemeler yüksek sıcaklıklara ve aşınmaya karşı dayanımlıdır. Bu özellikleri çeliğe kazandırmak için bazı alaşım elemanlarının ilavesinin yanında uygun ısıl işlemin de gerçekleştirilmesi gerekir.

Yüksek Hız Çeliklerinden beklenen özellikler;

- Sertlik
- Tokluk
- Aşınma Dayanımı
- Sıcak Sertlik
- Kesme Kabiliyeti
- Meneviş Kalıcılığı olarak sıralanabilir (Aydoğan, 2008).

Çeliğin kırmızı aralıkta yumuşamaya direnç yeteneği kırmızı sertlik olarak adlandırılır ve yüksek hız çeliğinin önemli bir özelliğidir. Bu çelikler, uzun bir süre için keskin kesme uçlarını koruyabilmeleri amacıyla iyi bir aşınma ve yüksek sertliğe sahip olmak zorundadır.

Yüksek hız çelikleri birçok farklı uygulama için geliştirilmiş ve karbür oluşumu ve kırmızı sertlik için tungsten ve/veya molibden ve sertliği artırmak ve oksidasyonu azaltmak için krom içerirler. Bazen yüksek sıcaklık sertliğini artırmak için kobalt ilave edilir. Yüksek-hız çelikleri

iki gruba ayrılır. (1) Tungsten Tip, T ve (2) Molibden Tip, M. Bazı yüksek hız çeliklerinin tipik uygulamaları ve kimyasal kompozisyonları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Bazı Yüksek Hız Takım Çelikleri İçin Nominal Kimyasal Kompozisyonlar [3].

AISI Tipi	% C	% W	% Mo	% Cr	% V	% Diğer
Yüksek Hız (Tungsten)						
T1	0,75	18	—	4	1	—
T2	0,8	18	—	4	2	—
T4	0,75	18	—	4	1	5,00 Co
T5	0,8	18	—	4	2	8,00 Co
T6	0,8	20	—	4,5	1,5	12,00 Co
T8	0,75	14	—	4	2	5,00 Co
T15	1,5	12	—	4	5	5,00 Co
Yüksek Hız (Molibden)						
AISI Tipi	% C	% W	% Mo	% Cr	% V	% Diğer
M1	0,85	1,5	8,5	4	1	—
M2	0,85 ; 1,00	6	5	4	1	—
M3-1	1,05	6	5	4	2,4	—
M3-2	1,2	6	5	4	3	—
M4	1,3	5,5	4,5	4	4	—
M6	0,8	4	5	4	1,5	12,00 Co
M7	1	1,75	8,75	4	2	—
M10	0,85 ; 1	—	8	4	2	—
M30	0,8	2	8	4	1,25	5,00 Co
M33	0,9	1,5	9,5	4	1,15	8,00 Co
M34	0,9	3	8	4	2	8,00 Co
M36	0,8	6	5	4	2	8,00 Co
M41	1,1	6,75	3,75	4,25	2	5,00 Co
M42	1,1	1,5	9,5	3,75	1,15	8,00 Co
M43	1,2	2,75	8	3,75	1,6	8,25 Co
M44	1,15	5,25	6,25	4,25	2	12,0 Co
M46	1,25	2	8,25	4	3,2	8,25 Co
M47	1,1	1,5	9,5	3,75	1,25	5,00 Co

6. TALAŞLI İMALAT

Talaşlı imalat prosesleri şekli, boyutları ve yüzey kalitesi önceden belirlenmiş parçaların metal işleme makinalarında kesme operasyonu ile şekillendirilmelerini kapsar. Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nispi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında, gerinim oluşturarak gerçekleştirilir. Diğer bir ifadeyle talaşlı imalat kesici takım tarafından uygulanan kesme kuvvetleri ile iş parçası arasındaki ara etkileşime bağlıdır. Talaşlı imalat proseslerinde mekanik enerji kullanılır. Bu gruba giren bazı yeni imalat tekniklerinde ise kimyasal, elektrik ve ısı enerjisi kullanılmaktadır. Talaşlı imalat yöntemleri başlıca dokuz ana grupta toplanabilir;

1) Vargel ve planyalama, 2) Tornalama, 3) Borlama, 4) Delme, 5) Frezeleme, 6) Broşlama 7) Raybalama, 8) Testere ile kesme işlemi, 9) Taşlama [4].

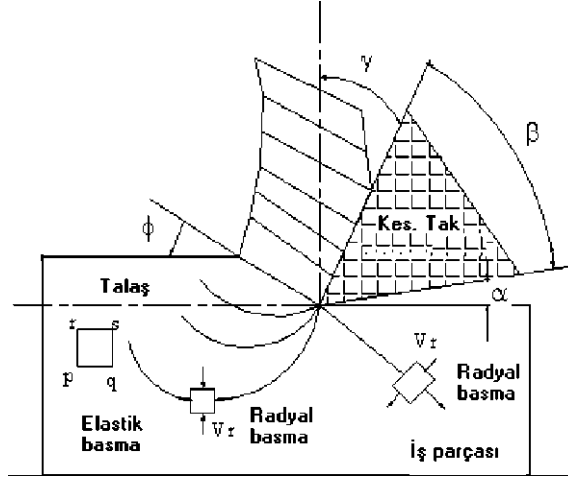
6.1 Talaş Kaldırma Mekanizması

Talaş kaldırma işlemi, genel anlamda kesici takım, takım tezgâhı ve işleme parametreleri olmak üzere üç kombinasyondan oluşur. Diğer bir ifade ile talaşlı imalat belirli boyut ve yüzey kalitesine sahip bir makine elemanı meydana getirmek için, ucu keskin bir takımla ve güç kullanarak, iş parçası üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırma işlemi olarak tanımlanır. Bir başka tanımla, elastik ve plastik şekil değiştirme temeline dayanan sürtünme, ısı oluşumu, talaş oluşumu ve iş parçası yüzeyinin sertleştirilmesi, kesici ucun aşınması, kırılması gibi olayların meydana geldiği karmaşık fiziksel bir olaydır.

Talaş kaldırmada esas mekanizma, kesici takımın kesme kenarının hemen önünde iş malzemesi üzerinde bölgesel kayma deformasyonunun oluşturmasıdır. Kesme sırasında, takımın iş parçasına bastırılması sonucu, iş parçası ve takım arasındaki rölatif hareket, kayma deformasyonuna sebep olarak talaş oluşumu gerçekleştirir. İş parçasının plastik akma özelliği, kayma düzlemlerinin sayısına bağlı olup, kayma düzlemi sayıları ise iş parçası malzemesinin kristal kafes yapısı ve davranışına bağlı olarak değişir (Şekil 6.1). Malzemelerin gerilimi, elastik sınırı aştığı zaman, uygulanan kuvvet yönünde, yönelmiş bitişik kayma düzlemleri arasında kalıcı bir hareket oluşur. Kayma veya hareket tekerrür ettiğinde, kayma düzlemleri artarak daha fazla deformasyonu oluşturur. Talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek takıma karşı talaşın kayma sürtünmesi ve kesmesinden dolayı ikincil deformasyon olarak adlandırılan, ek bir deformasyona maruz kalır. Bu iki deformasyon karşılıklı etkileşim halindedir (Yalçın, 2002).

Yukarıda bahsedilen ilk ve ikincil deformasyonları sürekli tekrarlı olduğundan dolayı üç temel gereksinim mevcuttur:

- Kesici takımın sert ve aşınmaya dayanıklı olması gerekmektedir.
- Talaş derinliği ve ilerleme miktarı ile takımın iş parçasına dalmasını sağlayacak geometriye sahip olması gerekir.
- Takımın, iş parçasının direncini yenmesi için, kesici ile iş parçası arasında bir kesme hızının olması gerekir.



Şekil 6.1 Ön kaymalı tabakalı yapının oluşumu (Yalçın, 2002).

Son derece karmaşık olan talaş kaldırma mekanizmasının anlaşılabilmesi için üç boyutlu kesici takım geometrisi, iki boyutlu ortogonal geometri şeklinde basitleştirilmiştir. İş parçası bir levhadan ibarettir. Bu model talaş kaldırma sürecinde iş parçasının davranışını, takım geometrisinin en kritik elementlerinin (kesici takım burun açısı ve talaş açısı α) etkisini, takım ile talaş arasındaki ve takımın tabanı ile yeni teşekkül eden yüzey arasındaki etkileşimleri gösterir. α talaş açısı, γ taban açısı, β takım kama açısı ve θ kayma açısıdır. Talaş kaldırma kesme zonu ve talaş oluşumu şeklinde iki başlık altında toplanabilir:

Kesme Zonu: Basit bir yaklaşımla metal işleme küçük bir bölgede kayma ile gerçekleştirilen bir operasyon olarak değerlendirilebilir. Diğer bir ifadeyle kesme ve talaş son derece dar bir zonda gerçekleşen bölgesel kesme veya kayma prosesi tarafından oluşturulmaktadır. Kesici takım önünde oluşan radyal basma zonunda yüksek deformasyon hızı ile yüksek oranda gerinime uğratılmış plastik bölge bulunmaktadır. Bütün plastik deformasyon proseslerinde olduğu gibi radyal basma zonu elastik ve plastik basma bölgelerinden meydana gelir.

Talaş Oluşumu: Pratikteki metal işlemede talaş oluşumu ideal şartlardaki talaş oluşumundan farklılıklar göstermektedir;

1) İdeal halde plastik şekil verme proseslerinde kayma zonu kayma sistemlerinden meydana gelmektedir. Kayma sıkı paketlenmiş düzlemlerde gerçekleşir ve sürekli bir talaş oluşur. Bu durum değişik proses koşulları altında genelleştirilmiştir;

a) Nispeten düşük kesme hızlarında ve yağlayıcı kullanılması halinde; yağ talaş ve taban yüzeylerine ulaşarak işlevini yerine getirir ve talaşın takım yüzeyinde kayması sağlanır. Yeni oluşan yüzey ve talaşın alt yüzeyi düzdür. Talaşın iç yüzeyinin basamaklı veya çentikli oluşu talaş oluşumunun kayma ile meydana geldiğini göstermektedir.

b) Biraz yüksek hızlarda çalışma halinde ise sıcaklık yükselir. Sürtünme artarak takım yüzeyinde kaymayı tamamen önler ve sistem bir optimum proses geometrisi bularak enerji tüketimini minimum seviyeye indirir. Kayma yığılma kenarı sınırı boyunca oluşur ve bu yüzden etkin talaş açısı önemli derecede genişler ve enerji tüketimi azalır. Ancak yığılma kenarı periyodik olarak kararsız hale geldiğinden boyut kontrolü kaybolur ve boyutsal toleranslar yükselir.

2) Özel koşullar altında sürekli talaşların kalınlığı periyodik olarak değişim sergileyebilir ve dalgalı tip talaş oluşur. Dalgalı talaşın kalınlığı sinüzoidal bir değişim gösterir. Kesme kuvvetlerinin periyodik olarak değişimi titreşim ve talaş kalınlığının değişmesine neden olur.

a) Bir önceki pasoda sert bir noktanın veya diğer bir düzensizliğin sebep olduğu dalgalanma titreşime neden olarak deforme olmayan talaş kalınlığında değişime sebep olur ve yığılma kenarının periyodik kaybına yol açar. Genellikle böylesi bir oluşum proses koşullarındaki değişikliklerle (hız, besleme, iş parçasının bağlantısı ve kesici takım bağlantısı) önlenabilir.

b) Titreşim tezgâh yakınındaki titreşimli bir makineden de kaynaklanabilir. Titreşim önleyici teçhizatlarla veya sarsıntılı makinenin uzaklaştırılması ile problem ortadan kaldırılabilir.

3) Segment tipi talaşlar testere dişi benzeri dalgalanma gösterir. Kalın kısımlar düşük oranlarda deformasyona uğrarlar ve birbirleriyle şiddetli bir şekilde şekil değişmiş ince kısımlarla birleşmişlerdir. Titanyum gibi düşük ısı iletkenliğe sahip malzemelerin işlenmesinde segment tipi talaşlarının en tipik örnekleri görülebilir.

4) Belirli şartlar altında kesikli (süreksiz) talaş oluşur;

a) Sünek malzemeler düşük hızlarda işlenirse kesmeyi başlatabilmek için yeterli gerinime ulaşıncaya kadar aşırı deformasyon sertleşmesi iş parçasında bozunumu devam ettirir. Sistemdeki elemanlar (kesici takım tutucusu) ani hızlanmaya ve talaşın tamamen ayrılmasına

müsaade eder. Ezme döngüsü yeniden başlar ve devam eder. Kesme kuvvetleri aşırı derecede dalgalanırsa yeni oluşmuş yüzey yırtılır ve dalgalı hale gelir.

b) Yüksek kesme hızlarında oluşan segment talaşı aynı zamanda parçalanarak ayrılabilir.

c) Süreksiz talaş oluşumu bazı alaşımlarda bilinçli olarak gerçekleştirilir. Gerilim yükseltici ikinci fazlar yan yana sıkı paketlenmiş talaşın tamamen ayrılmasına neden olurlar. İkinci fazlar ve inklüzyonlar çoğunlukla primer ve sekonder kayma zonlarında kayma mukavemetini azaltırlar. Bu yüzden kesme kuvvetleri düşüktür. Talaş kaldırma kabiliyeti arttığı için yüzey bitirme iyileşir ve titreşim oluşturma eğilimi azalır.

Yukarıda yapılan açıklamaları kısaca özetlemek gerekirse iş parçası malzemesinin talaşlı işlem karakteristiği, kullanılan metoda ve işlem değişkenlerine bağlı olarak talaşlar; sürekli (akma) talaş, dalgalı, segment ve kesikli türlerde olabilir (Yalçın, 2002).

6.2 Talaşlı Şekillendirme Yöntemleri

6.2.1 Vargel Ve Planyalama

İş parçası ve kesici takımın nispi hareketleri açısından vargel ve planyalama tüm yöntemler içinde en basit talaşlı şekillendirme metotlarıdır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan makinalar ve takımlarda tüm tezgah ve kesici takımlar içinde en basitleridir. Vargelde düzgün bir yüzey eldesi amacıyla doğrusal bir çizgi boyunca kesme hareketi yapan tek noktalı bir kesici takım kullanılır. Birbirini takip eden kesme vurguları arasında takım kesme hareketine uygun bir açıyla beslenir. Düzlemsel yüzeylerin eldesinin yanı sıra değişik oyuklar da vargel ve planya ile üretilebilirler. Vargel ve planyaların operasyonu için oldukça yetenekli operatörlere gereksinim vardır. Bu tezgahlarda üretilen şekillerin çoğunluğu frezeleme, broşlama gibi proseslerle daha ekonomik olarak imal edilebilmektedir. Planyalar, vargele bağlanması mümkün olmayan büyük iş parçaları üzerinde yatay ve düşey düzlemsel veya eğrisel formdaki yüzeylerin işlenmesi için kullanılmaktadır.

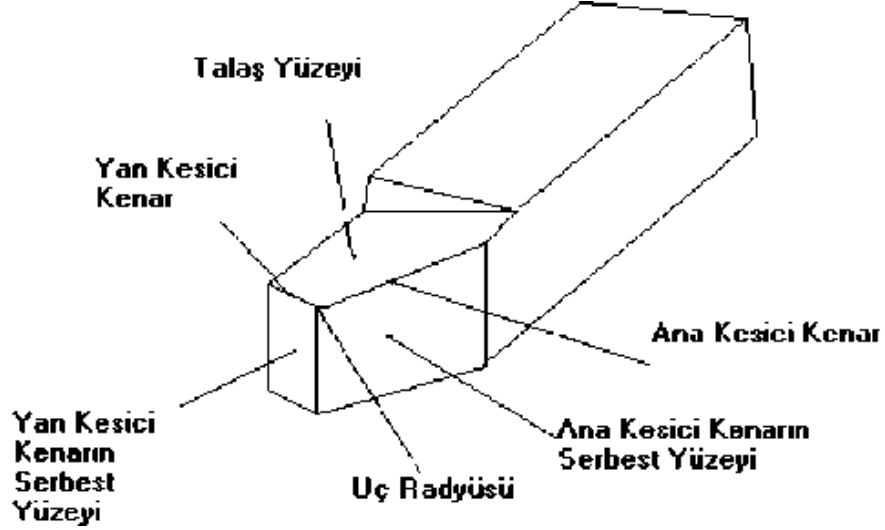
Planyalama operasyonlarının çoğunluğunda hareket şekil vargelin ters istikametindedir. İş parçası bir veya daha fazla sayıdaki tek noktalı kesici takımı geçerek şekillenir. İş parçası malzemesine göre tezgahlardaki girdi parametreleri değişmektedir. Vargel işleminde kesici takım ileri hareketi (strok) esnasında iş parçası üzerinden v hızında geçerek kesmeyi gerçekleştirir ve hızlı bir dönme stroğu ile geri döner (Yalçın, 2002).

6.2.2 Torna Tezgâhları

Torna tezgâhları geniş bir tezgâh sınıfını oluşturmaktadır. Bütün diğer tezgâh tiplerinin torna tezgâhlarından türemiş oldukları söylenebilir. Genel olarak kalemin sabit kalıp parçanın döndüğü bir tezgâhtır. Torna tezgahında işlenecek parça aynı zamanda sabit punto görevi yapan aynaya oynar çeneler yardımıyla bağlanır ve iş mili grubundan gelen hareketle çevrilir. Bu sırada parçanın salınımını azaltmak için diğer uçta hareketli punto ile sıkıştırılabilir. Uzun parçalar sabit ve hareketli yataklarla desteklenebilirler. Tezgah motorundan alınan hareket uygun dişli sistemleri vasıtasıyla istenilen devir sayısında iş parçasına aktarılıp istenen kesme hızı elde edilebilir. İş parçasının dönme yönü değiştirilebilir. Parçayı işlemeye yarayan ve tutucuya bağlanmış kesici uç kendisine hareket vermek için bir araba üzerine bağlanmış olup gerek boylamasına ve gerekse enlemesine el ile ya da otomatik olarak hareket ettirilebilir. El ile kumanda el çarkları ile sağlanır. İş milinden alınan hareketin uygun biçimde iletildiği talaş mili sayesinde kalemi taşıyan araba iş parçasının eksenine paralel yönde yer değiştirerek iş parçasının değişik yerleri düzenli biçimde işlenebilir. Vida açma işlemlerinde talaş mili yerine daha büyük ilerlemeler sağlayan ana milinden yararlanılarak araba ve buna bağlı olarak da kalem hareket ettirilir.

Genelde silindirik parçaların işlenilmesinde kullanılan torna tezgâhları bazı eklerle frezeleme, diş açma, delik delme, delik işleme ve konik tornalama gibi işlevleri de yapabilirler. Konik tornalama özel öneme sahip olup değişik biçimlerde gerçekleştirilebilmektedir.

Bir torna tezgâhının ana karakteristikleri puntolar arası mesafe ve punto yüksekliğidir. Bunların standart değerleri normlarda verilmiştir ve tezgâhın işleyebileceği parçanın boy ve çap değerlerini göstermektedir. Torna tezgâhlarının paralel, rovelver ve otomatik tipleri de mevcuttur.



Şekil 6.2 Tornalama kesici takımının geometrisi (Yalçın, 2002).

Paralel Tornalar: Kalemin temel hareketleri genellikle parça eksenine paraleldir. İşlenecek parça bir yandan iş burnuna takılan bir aynaya diğer taraftan puntoya bağlanır. Aynaların bağlanma yerleri sabit olup ileri geri değiştirilebilir. Farklı uzunlukta parçaların bağlanabilmesi için puntolar kızaklar üzerinde hareket edebilir.

Roveller Torna Tezgâhları: Paralel tornalardan farkı, rovelver (dönebilir) bir takım taşıyıcısının bulunmasıdır. Bu döner takım taşıyıcısı altı köşeli olup her köşesi üzerine özel tespit tertibatı yardımıyla ayrı görevler gören takımlar takılabilir. Amaç takımları rovelver kafa üzerinde hazır bulundurarak takım ya da tezgâh değiştirme esnasında geçen ve verimli olmayan süreleri minimuma indirmektir.

Otomatik Torna Tezgâhları: Otomatik tornalar çubuk formundaki malzemeden küçük iş parçalarının seri bir şekilde kütsel olarak imalatı için kullanılır. Bu tezgâhlarda parçanın bağlanması ve takım değiştirmesi gibi verimli olmayan hareketlere harcanan zaman el yerine otomatik tertibat kullanıldığından rovelver tornalara göre daha kısadır.

Prodüksiyon Tornaları: İmalat işlerinde kullanılan tornalardır. Bu bakımdan üniversal olmaktan çok imalatı kolaylaştıracak ve verimli olmayan hareketler sırasında geçen zamanı kısaltmaya yarayacak tertibatla donatılır. Motor güçleri üniversal tornalara nazaran daha yüksektir.

Ağır Torna Tezgâhları: Büyük ve ağır parçaların tornalanmasına yararlar.

Düşey Torna Tezgâhları: Özel bir tezgâh tipini oluştururlar. Bunların başlıca özelliği iş milinin düşey olmasıdır. Tezgâh bir ya da iki sütunlu olabilir.

Plan Torna Tezgâhları: Bu tip tezgâhlar kısa fakat çapı çok büyük olan iş parçalarının işlenmesine uygundur.

Hadde Tornası: Bu tezgâhlar sadece hadde silindirlerinin işlenmesinde kullanılır.

Sırt Torna Tezgâhları: Paralel tornalarda gerçekleştirilen işlemlere benzer tornalama işlemleri yapılabilir. Özelliği form freze bıçaklarının, azdırmaların dış sırtlarını yani taban yüzeylerini tornalayabilmesidir (Yalçın, 2002).

6.2.3 Frezeleme

Frezeleme operasyonu yatay ve düşey frezeleme olmak üzere iki grupta toplanır. Bazen yatay frezeleme periferik veya slab frezeleme, düşey frezeleme ise yüzey frezeleme olarak anılmaktadır. Bu yöntemler birbirlerine göre bazı değişiklikler göstermektedir.

Yatay frezeleme ile yüzey işleme kesicinin dış kısmına yerleştirilen dişler vasıtasıyla sağlanır. Yüzey, kesicinin dönme eksenini ile paraleldir. Düz ve değişik formlara sahip yüzeyler bu metotla elde edilebilir ve sonuç yüzeyin kesiti, kesicinin aksinel çevre şeklinin aynısıdır. Bu yöntemle frezeleme genellikle yatay milli şeklinin aynısıdır. Düşey frezeleme işlemi ile elde edilen yüzey kesici eksenini ile dik bir açı yapar. Kesme işleminin çoğu kesici dişlerin dış kısımları tarafından gerçekleştirilmektedir. Yüzey frezeleme yatay ve düşey milli tezgâhlarda yapılabilir.

Frezeleme işlemlerinde ortaya çıkan sorunlar, nedenleri ve çözüm yolları şunlardır;

Titreşim: Muhtemel sebepler şunlardır;

- Makine, takım tutucusu, iş parçası bağlantısında ve milde yetersiz rijitlik
- Çok büyük kesme kuvveti
- Kör takım kullanımı
- Yetersiz yağlama
- Düz dişli takım
- Çok büyük radyal çıkış
- Sürtünme, yetersiz parçayı kurtarma mesafesi

Ortaya çıkan bu sorunları gidermek için aşağıdaki işlemler uygulanabilir;

- Daha büyük millerin kullanımıyla giderilebilir.
- Besleme miktarının azaltılması ve iş parçası ile aynı anda temas eden diş sayısının azaltılması
- Takım bileme ve değiştirme ile giderilebilir.
- Yağlayıcının kesme zonunu tamamen ıslatmasını sağlamak
- Helisel takım kullanımı
- Takım açısının kontrolü (Yalçın, 2002).

Boyut hassasiyetinin azalması ve boyut kontrolünün kaybı: Bu sorunu oluşturan muhtemel sebepler; Ötelenmeye sebep olan yüksek kesme yüklemesi, talaş toplanmasıdır, parça değiştirme esnasında talaşın tamamen temizlenmemesidir.

Ortaya çıkan bu sorunları gidermek için şunlar yapılabilir; parça ile aynı anda temas eden diş sayısının azaltılması, talaşlı işlem sıvısının dişler arasındaki talaşı uzaklaştıracak şekilde uygulanmasıdır.

Hızlı Takım Körelmesi: Ortaya çıkan sorunların nedenleri; çok büyük kesme kuvveti ve yetersiz soğutucudur. Sorunları gidermek için; parça ile temas halindeki diş sayısının azaltılması ve talaşlı işlem sıvısının dişler arasındaki talaşı uzaklaştıracak şekilde uygulanmasıyla giderilir.

Kötü Yüzey Bitirme: Ortaya çıkan sorunlar; yüksek miktarda besleme, körelmiş takım kullanımı, düşük kesme hızı ve takımın diş sayısının yetersizliğidir. Sorunları gidermek için; bütün dişlerin aynı yükseklikte olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Takımın Parçaya Batması: Ortaya çıkan sorunların nedenleri; çok büyük radyal çıkış, çok büyük talaş açısı ve uygun olmayan kesme hızıdır. Bu sorunları gidermek için; diş parçasının ötelenmesi önlenmelidir.

İş Parçasının Sıvanması: Ortaya çıkan sorunların nedenleri şunlardır; hafif kesme, yetersiz radyal çıkış ve büyük alan genişliğidir. Bu sorunları gidermek için; büyük besleme miktarı ve takım bileme işlemleri yapılır.

Takım Yanması: Ortaya çıkan sorunların nedenleri şunlardır; yetersiz yağlayıcı ve çok yüksek kesme hızıdır. Bu sorunları gidermek için; sülfür esaslı yağ ilavesi, kesme hızının azaltılması ve soğutucunun takım ve kesme zonunu tamamen ısıtılmasının sağlanmasıyla giderilebilir.

Takım Dişlerinin Kırılması: Sorunun nedeni çok yüksek besleme miktarıdır.

Sorunu gidermek için; düşük miktarda besleme, çok sayıda dişe sahip takım kullanımı ve tabla malzemesi miktarının azaltılması uygulanabilir.

6.2.4 Taşlama

Taşlama temel malzeme işleme proseslerindendir. Taşlama terimi genellikle belirli bir geometriye sahip takım şekline dönüştürülmüş veya serbest halde bulunan sert, köşeli aşındırıcı partikül veya tane yığınları ile metal işleme prosesini kastetmektedir. Partiküller üzerindeki küçük kesici uçlar talaş oluşumunu sağlar. Uygulama işlemine göre taşlama işlemi aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

6.2.4.1 Yüzey Taşlama

Bu işlem silindirik yüzeye sahip bir disk tarafından gerçekleştirilir. Disk genellikle iş parçasından daha dar olduğu için iş parçasının kalınlığı ve genişliği boyunca besleme yapılır. Yüzey taşlama tezgâhları ile hassas ve düzgün yüzeyler kısa zamanda elde edilebilmektedir.

6.2.4.2 Silindirik Taşlama

Hızla dönen taşıyıcı diskin yavaşça dönme hareketi yapan parça üzerinde çalışması ve bireysel kesmelerin çok kısa oluşu dışında tornalamanın aynısıdır. Bu amaçla silindirik taşlama tezgâhları kullanılır. Bu tezgâhlardan yalnız dış taşlamaya uygun olanlarına dış ve sadece iç taşlamaya uygun olanlarına ise iç silindirik taşlama tezgâhı denir.

6.2.4.3 Merkezless Taşlama

Çok hassas silindirik yüzeyler yüksek hızlarda hareket eden merkezless taşlama ile çok küçük toleranslar dahilinde işlenebilmektedir. İş parçası parça tutucu tarafından hafifçe desteklenir ve taşlama basıncı taşıyıcı disk hızının 1:20' si oranında bir hızla hareket eden düzenleyici disk tarafından uygulanır.

6.2.4.4 İç Taşlama

Küçük bir disk iş parçasının boşluğu içinde çalışır. Partiküllerin bireysel kesme boyları dış silindirik taşlama operasyonundakinden daha büyüktür.

6.2.5 Diğer Taşlama Metotları

6.2.5.1 Honlama

Honlama prosesi yüzey bitirme amacıyla kullanılan ve parçaların iç ve dış yüzeylerinin bütününün işlenmesini sağlayan bir talaşlı işlem yöntemidir. Broşlama ile açılan deliklerin yüzey bitirmesi ve nihai boyutların verilmesi bu yöntemle sağlanır. Ayrıca kesici takımların izleri dalgalanmalar ve küçük geometrik bozukluklar da bu yöntemle giderilebilmektedir. Kesme hızı taşlama operasyonundakinden çok daha düşüktür. Malzeme kaldırma miktarı 0.1mm veya daha küçüktür. Honlama kesici bir takımın yüzey bitirmesinde olduğu gibi zaman zaman el ile yapılmasına rağmen genellikle özel bir aparat ile gerçekleştirilir. Honlama çoğu kez otomobil silindirleri gibi silindirik iç yüzeyler üzerinde yapılır. Honlama taşları hon başlığına iş parçasına karşılık gelecek şekilde bağlanır ve taşlar işlenecek yüzeye düşük

miktarda kontrollü bir basınç uygularlar. Hon başlıklarının hareketleri iş parçası yüzeyinin kılavuzluk ettiği delikteki yüzen şamandıralarla kontrol edilir.

6.2.5.2 Parlatma (polisaj) ve Fırçalama

Bu proses grubunun çoğunda aşındırıcı tozlar bant veya silindirik yüzey üzerindeki bez parçalarına gömülü halde kullanılırlar. Parlatma kuru veya yağlayıcı ortamlarda gerçekleştirilir. Parlatma ile reflektivitesi yüksek yüzeyler elde edilebilir. Yüksek reflektivite yüzey düzgünlüğünden ziyade yüzey tabakalarını sıvanmasının bir sonucudur.

6.2.5.3 Lepleme

Yüzey bitirme amacıyla kullanılan ve içerisine aşındırıcı gömülü lep olarak adlandırılan yumuşak bir taşıyıcı malzeme ile gerçekleştirilen bir yüzey işleme yöntemidir. Lep malzemesi olarak iş parçası malzemesinden daha düşük sertlikte bez, dökme demir ve bakır gibi çeşitli malzemeler kullanılabilir.

6.2.5.4 Ultrasonik Taşlama

0.04-0.08 boyutundaki adımlar şeklinde üretilen ultrasonik titreşimler sünek bir malzemedan yapılmış takım başlığını hareket ettirir. İçerisinde aşındırıcı partiküllerin gömülü olduğu çamur şeklindeki taşıyıcı ara yüzeye doldurulur ve iş parçası dereceli olarak erozyona uğrattılır.

6.3 Kesici Takımlar

Diğer malzemelerin form verme, formunu değiştirme, talaşlı şekillendirme, parçalama, ayırma gibi şekillendirilmesi ve ölçülmesi için takımlar, genel olarak karmaşık etki yapan zorlamalar altındadırlar. Takımın ekonomik kullanımı ile birlikte, rasyonel olarak imalatını garanti etmek için, kullanılan malzemenin de özellikle yüksek zorlamaları karşılayabilir olması zorunludur. İşleme yöntemlerinin çeşitliliği ve bunların sonucu olarak ortaya çıkan takımın kullanılmasında gerekli özellik farklılıkları, metalik ve metalik olmayan çok sayıda takım malzemesinin gelişmesini gerektirmiştir [3].

Kesici takım seçimi, talaş kaldırma prosesinde çok önemli rol oynar. Günümüz teknolojisinde (CNC imalat sistemleri veya akıllı imalat sistemleri) optimum kesici takım seçimi, hem işleme zamanının en aza indirilmesi açısından, hem de güvenli kesici takım seçimi açısından, otomatik olarak yapılmaktadır. Optimum takım seçimi, iş parçası malzemesine, iş parçasının şekline, yüzey hassasiyetine, takım tezgâhı tipine ve rijitliğine,

takım malzemesine ve özelliklerin, kesici uç ve iş parçası tespit sistemine, (katerin boyutu ve tipi, ucun şekli ve büyüklüğü vs.), kesme verileri gibi parametreler göz önüne alınarak yapılır.

Yapılacak işleme uygun tezgah seçimini de göz önüne alırsak, kesici takımlardan istenen özellikler;

- Uzun ömürlü olması
- İstenilen işleme kalitesini ve ölçüsünü sağlaması
- Parça başı takım maliyetinin uygun olması
- Kolay temin edilebilir olması
- Yüksek sertlik,
- Yüksek tokluk (kırılma mukavemeti) ve aşınmaya dayanıklı sert bir yüzey,
- Yüksek sıcak sertlik (meneviş dayanımı),
- Kütleli deformasyon direnci gösterebilmek için yüksek mukavemet
- Yüksek kimyasal kararlılık
- Yüksek elastik modül
- Doğru geometri ve iyi yüzey kalitesi

Olarak sıralanabilir.

Kesici takım malzemesinin seçimini etkileyen kriterler şunlardır;

- İş parçasının karakteristikleri (kimyasal ve metalürjik hali)
- Parça karakteristikleri (geometri, yüzey bitirme, boyutsal hassasiyet ve yüzey bütünlüğü gereksinimleri)
- Takım tezgâhı ve takım tutucusunun karakteristikleri
- Destek sistemi

Yüksek bölgesel gerilimler ise takımın aşağıdaki özelliklere sahip olmasını gerektirmektedir;

- Yüksek sertlik
- Aşınmaya ve kesici kenarın talaşlanmaya karşı direnci yüksek olmalıdır
- Yüksek tokluk
- Yüksek sıcak sertlik
- Kütleli deformasyona direnç gösterebilmek için yüksek mukavemet
- Yüksek kimyasal kararlılık
- Uygun ısı özellikler
- Yüksek elastik modül
- Tutarlı takım ömrü

- Doğru geometri ve yüzey kalitesi

6.3.1 Sade Karbonlu Ve Alaşımli Takım Çelikleri

%0.9 ila %1.3 arasında karbon ihtiva eden sade karbon çelikleri su verme ve temperleme işlemi ile yüksek sertlik, mukavemet ve tokluk kazanırlar ve kesici kenar keskin bir hale kolaylıkla getirilebilir. 200-205°C'm üzerindeki sıcaklıklardaki temperleme işlemlerinde sertlik kaybı gösterirler ve bu sebeple diğer takım çelikleri tarafından ikame edilmişlerdir.

6.3.2 Yüksek Hız Çelikleri

Bu çelikler sade karbon ve alaşımli takım çeliklerinden daha üstündürler. 600°C'a kadar kesme kabiliyetlerini korurlar ve yüksek kırmızı sertlik özelliğine sahiptirler. Takım çelikleri ile aynı takım ömrü için kesme hızları takım çelikleri için müsaade edilen değerin iki katıdır ve bu nedenle yüksek hız çeliği olarak adlandırılırlar.

6.3.3 Dökme Karbürler

Karbür oranı belirli bir değere ulaştığı zaman takım malzemeleri sıcak deformasyonla şekillendirilebilme kabiliyetini tamamen kaybetmektedir. Bu nedenle karbür oranı yüksek olan malzemeler döküm yöntemiyle kesici takım haline getirilirler.

6.3.4 Sinter Karbürler

Toz metalürjisi teknikleriyle üretilen sinter karbürler talaşlı imalatla kullanılan kesici takım malzemeleri arasında önemli bir konumdadır. Bu malzemeler HSS çeliklerine göre 4-5 kat daha yüksek kesme hızlarında çalışırlar.

Sinter karbür, malzemesi hız çelikleriyle beraber, en fazla kullanılan kesici takım malzemesidir. Karbür olarak çok sert olan tungsten karbür (WC), titanyum karbür (TiC), tantal karbür (TaC), niobyum karbür (NbC), bağlayıcı olarak ise, genellikle kobalt (Co) kullanılır. Sert parçacıkların büyüklüğü 1-10 mikron arasında değişir. Bu parçacıklar toplam hacmin % 60 - %95 ' ini kapsarlar. Sinter karbürler hem pahalı, hem de kırılgan olduklarından dolayı, ancak kesici ağızları madeni karbürden yapılırlar. Gövde kısımları ise çeliktir. Sinter karbür plakentinin, kesici takım tutucusuna yapıştırılması ancak sert lehimle sağlanır. Diğer kaynak yöntemleriyle yapıştırılması mümkün değildir. Sinter karbürler sahip oldukları özellikler açısından farklılıklar gösterebilirler, bazıları diğerlerinden daha sert, bazıları da daha toktur. Bu takımların kaliteleri aşağıdaki özelliklere bağlı olarak belirlenir (Yalçın, 2002).

- Sert parçacıkların tipi ve büyüklükleri
- Bağlayıcının tipi ve oranı
- Üretim teknikleri
- Kalite

Çizelge 6.1’de karbürlerin ergime sıcaklıkları ve sertlikleri verilmektedir.

Çizelge 6.1 Karbürlerin ergime sıcaklıkları ve sertlikleri (Yalçın, 2002).

Karbürler	Ergime sıc (°C)	Sertlik (HV)
Titanyum karbür	3200	3200
Vanadyum karbür	2800	2500
Niobyum karbür	3500	2400
Tantal karbür	3900	1800
Tungsten karbür	1700	21000

Toz metalürjisi tekniğiyle üretilen tungsten karbür (WC-Co) alaşımının mekanik özellikleri, yüksek hız çelikleriyle karşılaştırıldığında; WC-Co alaşımı daha yüksek sertlik, basma mukavemeti, elastisite modülü ve yoğunluk gösterirken, yüksek hız çelikleri de daha yüksek çekme mukavemeti ve tokluk gösterirler. Günümüz teknolojisi ise yüksek tokluğa sahip HSS malzemelerini, kesici takım malzemesi olarak daha ön planda tutmuştur.

6.3.5 Sermetler

Sinterlenmiş karbürler sermetlerin bir alt sınıfıdır ve bağlanma metalik bir fazla sağlanır. Çeliklerin kesme işleminde Ni ve Mo matrisli TiC’ün kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Sermet, sert partikül olarak tungsten karbür yerine, titanyum karbür, titanyum karbonitrür gibi titanyum esaslı karbürlerin kullanıldığı sinter karbürlerin genel adıdır. Sermet ismi seramik - metal' den gelir. Bunun nedeni metal bağlayıcı içerisindeki seramik parçalardır. Ancak pratikte sermet, tungsten karbüre değil, titanyum karbüre dayalı sinter karbürleri içeren bir malzeme grubudur. Sermetler son yıllarda kullanım alanlarındaki büyük artışlara karşın yeni bir malzeme türü değildir. Titanyum esaslı kesici takımlar ilk olarak 1929' da imal edilmişler ve bu zamana kadar önemli gelişme kaydetmişlerdir. İlk kez imal edildiklerinde, son derece kırılgan yapıları nedeniyle, imalat problemleriyle karşılaşmış ancak molibden (Mo) ilavesiyle ve molibden karbür oluşumu sayesinde imalatları kolaylaştırılarak ISO P01 kaliteleri geliştirilmiştir.

Oldukça kırılgan bir takım malzemesi olmasına rağmen, sermetler zor talaş kaldırma işlemlerinde daha iyi bir tokluk sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir. Sermetler aşağıdaki özelliklere sahiptirler.

- Yüksek serbest yüzey ve kriter aşınması direncine sahip
- Yüksek kimyasal kararlılığa ve kızıl sertliğe sahip
- Yığma kenar oluşumuna düşük eğilimli
- Oksidasyon aşınmasına düşük eğilimli

Sermetler düşük ilerleme ve yavaş derinliklerinde, yüksek kesme hızlarıyla kullanıldıklarında, hassasiyetin ve yüzey kalitesinin önemli olduğu uygulamalarda üstün takım malzemesidir. İşleme koşulları rijit ve sürekli olmalıdır. Zor çalışma koşullarının söz konusu olduğu orta kaba ve kaba işlemin özellikleri göz önüne alındığında sermetler;

- Yüksek ve düşük ilerleme hızlarında daha düşük mukavemetli
- Orta dereceden şiddetli dereceye değişen yüklerde daha düşük tokluğa sahip
- Düşük abrasif aşınma direncine sahip
- Daha düşük çentik aşınması direncine sahip
- Ani darbelere karşı daha düşük mukavemetli, malzemelerdir.

Sermet daha çok son işlemlerde kendilerine uygulama alanı bulmuşlardır. Ağır işlerin söz konusu olduğu, profil işleme işlemleri için sermet takımlar uygun değildirler. Sermet takımlar ortadan yükseğe değişen kesme hızlarında, orta ilerleme değerlerinde, takım ömrü-yüzey kalitesinin kriter olarak kullanıldığı elverişli koşullarda, daha küçük işleme pasoları söz konusu olduğu kopya işlemlerinde avantajlıdır. Sermetler, seçilmiş bazı işlemlerde, verimliliğin artırılması amacıyla alternatif bir takım malzemesi olarak da düşünülebilirler. Fakat görece pahalı bir takım malzemesidir (Yalçın, 2002).

6.3.6 Seramik Takımlar

Seramikler bugün birçok takım malzemesinin genel adıdır. Seramiğin, ana malzemesi alüminyum oksit (Al_2O_3) olan ve sinterleme yoluyla imal edilen malzemelerdir. Al_2O_3 kaplama dışında sinterleme veya sıcak presleme ile seyyar uç formunda da üretilebilir. Bu oksitler herhangi bir metal bağlayıcı kullanmadan kendi kendine yüksek sıcaklıklarda sinterlenebilirler. İçerdiği alüminyum oksitin saflığı %99,7 civarında, en yüksek sertliğe sahip ve yaklaşık 1200 °C'lik sıcaklıklara kadar sertliğini ve aşınma mukavemetini koruyabilen, dayanıklı ve yüksek kesme hızlarında kullanılabilen kesi takım malzemesidirler. Tek dezavantajı olan eğilme mukavemetlerinin düşük olduğundan, ince veya çok ince tornalama gibi işlemlerde daha çok elverişlidirler. Fakat alüminyum alaşımlarının işlenmesinde elverişli değildirler. Seramik takımlar sert, yüksek kızıl sertliğe sahip, çalışma sıcaklığı 1800 °C' ye

kadar, sertliği 89- 95 HRC, iş parçası malzemesi ile reaksiyona girmeyen takımlardır. Uzun bir takım ömrüne sahiptirler ve yüksek kesme hızlarında talaş kaldırılabilirler. Metalik olmayan seramiklerin çeliklere göre özellik açısından bazı temel farklılıkları mevcuttur (Çakır, 2000).

- Yoğunlukları çeliğin yaklaşık üçte biri civarındadır.
- Çok yüksek basma mukavemetine sahiptirler.
- Çok daha kırılğandırılar.
- Seramiklerde plastik uzama söz konusu değildir.
- Saf seramiğin elastisite modülü, çeliğin yaklaşık iki katıdır.
- Çeliğin ısı iletim katsayısının yüksek olmasına karşın, seramikler çok düşük ısı iletim katsayılarına sahiptirler.

İki temel seramik tipi mevcuttur.

1. Alüminyum oksit esaslı (Al_2O_3)

Alüminyum oksit esaslı seramikler üç gruba ayrılır.

- Saf oksit esaslı seramik
- Katkılı alüminyum oksit esaslı seramik
- Alüminyum oksit esaslı takviyeli seramik.

2. Silisyum Nitrür Esaslı Seramik

6.3.7 Kübik Bor Nitrür

Yüksek gerilmeye maruz kalan makine elemanları dayanımlarını ve aşınma dirençlerini arttırmak için setleştirilirler. Örneğin dişli ve yatak parçaları gibi. Bu gibi yüksek sertlik gerektiren (40-55 HRC) makine elemanlarının imalinde konvansiyonel yöntem, yumuşak durumdaki ham maddeyi kaba olarak işlemek, arzu edilen sertliğe ulaştırmak için ısı iletim uygulamak ve daha sonra ısı iletimden doğan çarpıklıkları gidermek için taşlamaya tabii tutmak gerekir. Eğer ki, makine elemanları sert işleme (hard machining) yöntemi ile yapılabilirse, ekipman maliyetinin düşmesinden ve işleme esnekliğinin artmasından dolayı pek çok avantaj sağlanacağı düşünülmüştür. Dolayısıyla sert malzemeleri işleyebilen kesici takımlara gerekliliği, araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Bu güne kadar taşlama işleme, genel olarak işlenmesi zor parçaların işlenmesinde ve son işlem olarak kullanılmış, fakat çok sert kesici takımların (CBN, seramik) geliştirilmiş olması ikinci bir alternatifi imalat sektörüne sunmuştur.

CBN kesici takımı sertlik açısından, elmastan sonra ikinci kesici takım malzemesidir. Çok yüksek sertlik, çok yüksek kızıl sertlik (2000 °C), mükemmel aşınma direnci ve işleme esnasında genellikle iyi kimyasal kararlılık gibi özellikleri sayesinde mükemmel bir kesici takım malzemesidir. Sentetik elmas üretim yöntemlerine benzeyen yüksek sıcaklık ve yüksek basınç uygulaması ile üretilir. Sentetik elmasın üretildiği yüksek sıcaklık (1500 °C) ve basınç altında (50-70 kbar) hekzagonal yapıya sahip olan bor nitrür (BN) elmas yapısına dönüşür. Bor nitrür, elmas gibi iç içe geçmiş iki yüzey merkezli kübik yapı içerir. Fakat yüzey merkezlerinin birinde bor atomları bulunurken, diğerinde azot atomları bulunur ve komşu atomların hepsi birbirine kovalent bağ ile bağlı değildir. Yapısındaki bağların %25'inin iyonik olduğu bilinmektedir. Üretilen kübik bor nitrürler, sentetik elmaslar gibi ufak oyutlardadırlar. Bunlar yüksek sıcaklık ve basınç ortamında bir araya getirilerek bor nitrür kesici takım malzemelerini oluştururlar. CBN tabakasının kalınlığı 0,5 mm' dir. Alt tabaka bir kobalt metal bağlayıcıyla, birlikte sıkıca yapıştırılan tungstenli karpitin ufak zerrelere oluşur. Kobalt, yüksek ısı ve basınç altında sıvılaşarak akan ve CBN zerrelere etrafına yayılarak, iç gelişmeyi artıran bir katalizör olarak davranır. Dolayısıyla CBN kesici takımların, ısı altındaki davranışlarının, diğer takımlara nazaran iyi olduğu saptanmıştır. (1000 °C sıcaklığa kadar) Genellikle dövme çelik, sertleştirilmiş çelik, dökme demir, yüzeyi sertleştirilmiş iş parçaları, kobalt ve demir esaslı toz metaller, perlitik dökme demir ısıl dirençli alışımlar CBN kesici takımların kullanıldığı iş parçalarıdır.

Yine bir araştırmanın sonucunda daha yüksek talaş kaldırma oranı düzgün biçimli parçaların işlenmesi, parça kalitesinin artması, kübik bor nitrür kesici takımlarla sağlanmıştır. Yalnız sert malzemelerin işlenmesinde karşılaşılan zorluklar şu şekilde ortaya konmuştur (Yalçın, 2002).

- Kesme bölgesinde oluşan yüksek sıcaklıklar
- Daha yüksek ve değişken kesme kuvvetlerinin etkisi
- Küçük talaş kesitinde yüksek basınç
- Hızlı kesmede kenar aşınması ya da kırılması
- İşleme sırasında iş parçasında oluşan gerilmeler
- İş parçasında düşük homojenlik
- Yetersiz rijitlik

6.3.8 Çok Kristalli Elmas (PCD)

Bilinen en sert malzeme doğal tek kristalli elmadır. Hemen hemen bu malzeme kadar sert bir malzeme ise sentetik çok kristalli elmadır (PCD). Çok yüksek sertliğe ve aşınma direncine

sahip kesici takım malzemesidir. Bu özelliğinden dolayı taşlama taşlarının üst yüzeyinde kullanılırlar. İnce elmas kristallerin yüksek basınç ve sıcaklık altında bir araya getirilmesiyle oluşturulur. PCD kesici takımlara, kesici kenarların sinter karbür uçlarla beraber kullanımı sayesinde yapıya mukavemet ve darbe direnci kazandırılmıştır. Ancak PCD kesici takım malzemesinin dezavantajları da tayin edilmiştir. Bunlar;

- Kesme bölgesi sıcaklıkları 700 C' yi aşmamalıdır.
- Afinite nedeniyle demir esaslı malzemelerle kullanılmamalıdır.
- Tok, yüksek çekme mukavemetine sahip malzemeler için kullanılmamalıdır.

Yukarıdaki dezavantajlar, PCD kesici takım malzemesinin talaşlı imalat işlemlerinin büyük bir çoğunluğunda kullanılamamasına neden olur. Ancak özellikle yüksek hassasiyet ve yüzey kalitesi gerektiren demir ve metal esaslı olmayan malzemelerin işlenmesinde mükemmel bir kesici takım malzemesidir (Yalçın, 2002).

Alüminyumun yanı sıra kompozit, plastik, reçine, karbon gibi diğer aşındırıcı, metalik olmayan malzemeler, ön sinter seramikler, karbürler, sinter karbürler, bakır, bronz, pirinç, çinko alaşımları ve kurşun gibi metaller de PCD ile işlenebilirler. PCD' nin çok kırılgan yapısından dolayı PCD ile talaş kaldırma işlemleri çok kararlı koşullar, rijit tezgâh ve takımlar, çok yüksek kesme hızları gerektirir. Soğutma sıvısı genellikle soğutma amacı ile kullanılır. Finish işlemleri (çok hassas yüzey) genelde PCD kesici takımlar ile elde edilirler. PCD kesicilerle talaş kaldırmada düşük ilerlemeler ve talaş derinlikleri, darbeli talaş kaldırma işlemleri ve şoklardan kaçınma son derece önemlidir. Talaşlı imalat için uygun kesici takım malzemesi seçiminin yanı sıra, iş parçası malzemesinin yapısı, sertliği, mukavemeti, malzeme mikro yapısı ve yapısında bulunan sert parçacıklarının oranı çok önem arz etmektedir. Takım malzemesinin doğru seçimi ekonomik bir talaş kaldırma işlemi için son derece önemlidir. Takım tezgâhının, kırılmış veya aşınmış takımlar nedeniyle durması, verimliliği sınırlayan en belli başlı nedenlerdendir. Bir takım malzemesi tek başına talaşlı imalat alanındaki tüm talepleri karşılayamaz. Ancak bazı kalitelerin geniş uygulama alanları vardır ki, birçok işlemi gerçekleştirebilir.

Çizelge 6.2. Takım malzemelerinin mikro yapısı ve özellikleri (Yalçın, 2002).

Takım malzemeleri	Özellikler					
Malzeme	Mikro yapı		Miktar	Aşınma direnci	Yüksek sıc. Aşınma day.	Tokluk
	Tip	Sertlik(VSD)				
Yüksek hız çeliği	M6C M C	1100 1600	8-10	+	+	+++
Toz metalurjik(HSS)	M6C MC	1600 2600	10-20	+(+)	+	++++(+)
Kaplamalı (HSS)	TiN	2400	100	++++	++	++++(+)
Sert metal WC-Co	WC	2400	90	+++	++	++
Sert metal WC-TiC-Co	WC- Ti(TaN	2400 3200	90	+++	++(+)	+(+)
Kaplanmış Sert Metal	TiC	3200	50	++++	+++	+(+)
Sermet	TiC	3200	50	+++	++	++
Oksitseramik	Al ₂ O ₃	2400	100	++++	++++	+
Polikristalin elmas	Elmas	8000	95	+++++	+++++	+

Çizelge 6.2’de de takım malzemelerinin mikro yapı ve özellikleri verilmiştir. Kesici takım malzemelerinde son yıllardaki gelişmeleri, özellikle tok bir içyapı ve aşınmaya dayanıklı sert bir yüzeye sahip kesici takımları oluşturmuştur. İmalat sektöründe kullanılan en yaygın kesici takım malzemeleri, yüksek hız çelikleri (HSS), karbür esaslı malzemeler, seramik, kübik bor nitrür, elmas ve diğer sinterlenmiş karbürlerdir. Gelişen teknolojiyle yüksek hız çelikleri ve sert metal takımlar PVD (Physical Vapour Deposition) ve CVD (Chemical Vapour Deposition) yöntemleriyle seramik katmanlar ile kaplanması sonucu, işlem hızları ve takım ömürleri açısından avantajlı hale getirilmişlerdir.

Takımın aşınma davranışlarını belirleyen malzeme parametreleri bazı yüzey kaplama yöntemleriyle mümkün kılınmaktadır. Kesici takım malzemelerinin mekanik, sıcaklığa dayanım, aşınmaya dayanımı vs. özelliklerinin bilinmesi, optimum kesici takım seçiminin çok daha iyi bir şekilde yapılmasını sağlar (Yalçın, 2002).

6.4 Takım Tahrifatı

Tahrifat şekilleri iki ana grupta toplanabilir;

- 1) Dereceli ve yavaş oluşan tahrifat
- 2) Ani kırılma

6.4.1 Dereceli Oluşan Tahribat Şekilleri

6.4.1.1 Taban Yüzeyinin Aşınması

Takım ile iş parçası üzerinde oluşan yüzey arasındaki şiddetli sürtünme neticesinde taban yüzeyinde bir aşınma bölgesi meydana gelir. Aşınma hızının analitik karakterizasyonu talaşlı işleme zaman zaman ara vererek bu bölgenin genişliğinin VB ölçümü ile yapılabilir.

6.4.1.2 Burun Aşınması

Çoğunlukla iş parçasının yüzeyine karşı sürtünme neticesinde takım burnunun parçaya dalan kısmında oluşur.

6.4.1.3 Krater Aşınması

Aşırı sıcaklık artışı ve kesme gerilmeleri talaş yüzeyinde zamanla bir kraterin oluşumuna sebep olur. Aşınma genellikle Şekil 6.3 'deki KT derinliğinin ölçümü veya kesme kenarına dik olarak kraterin kesit alanının ölçümü ile kantitatif bir şekilde değerlendirilebilir. Krater aşınması aşınma, adhezyon ve takiben takım malzemesinin frenlenmesi difüzyon veya ısı yumuşama ve plastik deformasyonun etkisi altında sürekli bir şekilde artarak devam eder.

6.4.1.4 Kenarların Yuvarlaklaştırılması

Aşınma sonucu kesici kenar yuvarlak hale gelir ve kesme giderek artan negatif bir talaş açısı ile kesmenin köküne kadar devam eder. Deformasyona uğramayan talaş kalınlığı azaldığı zaman enerjinin tümü plastik ve elastik deformasyona harcanır.

6.4.1.5 Kenar Taşlanması

Yığılma kenarının periyodik olarak kaybı veya süreksiz kesme tipi operasyonlarında kırılğan malzemelerden yapılmış takımların kullanılması kenar taşlanmasına yol açar.

6.4.1.6 Kenar Çatlama

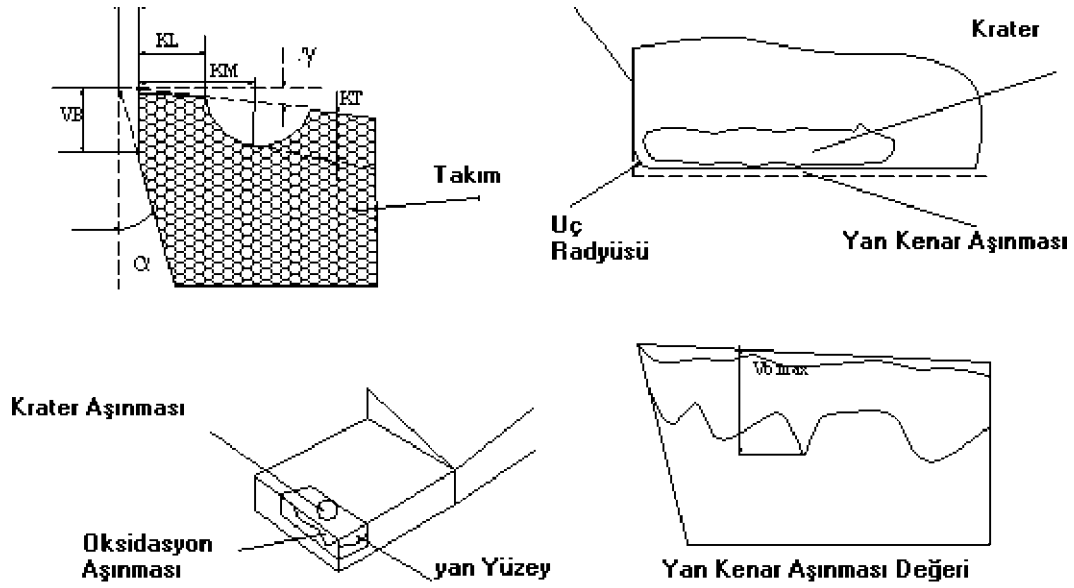
Isıl yorulma kırılğan takımlarda kesici kenara paralel ve dik yönlerde çatlak oluşumuna sebep olabilir.

6.4.1.7 Sıvanma

Sıvanma, yumuşak, adhesif metallerin kesilmesinde, derin çekilmesinde karşılaşılan yapışma problemidir. Kalıbın ya da takımın kesici köşesine yapışan ve burada üst üste yığılarak

biriken iş parçasından parçacıklar, basınç altında ezilerek sertleşir ve kesici köşenin işlevini üstlenir, kesmeyi gerçekleştirir. Ancak, köşedeki bu yığın bir adım sonra koparak hem kesici köşeden parça koparır hem de kalıpta çizilmeye yol açar. Bunu engellemek için:

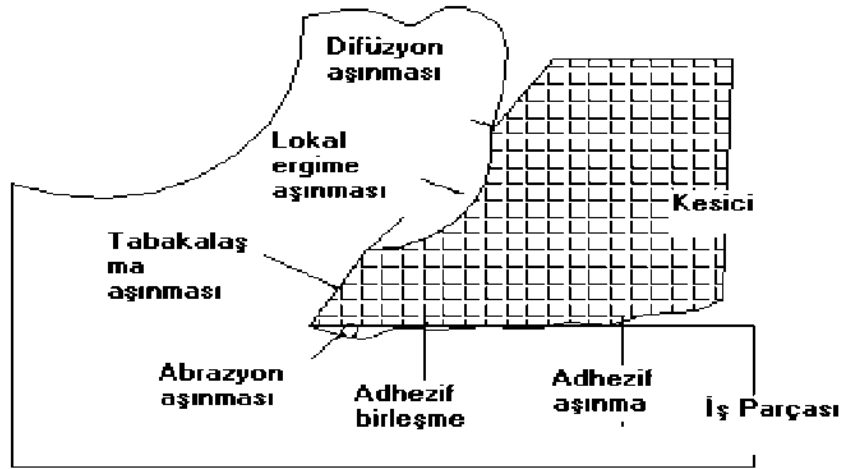
- Yüzey sertliğini artırmak
- Sürtünme katsayısını düşürmek
- Tok çelik kullanmak gereklidir.



Şekil 6.3 Kesici takımlarda oluşan aşınma hasarları ve bölgeleri (Yalçın, 2002).

6.4.2 Aşınma Mekanizmaları

Kesici takımların aşınmaları, kesme parametrelerine, iş parçası malzemesine, kesici takım malzemesine, soğutma sistemine ve kesici kenar üzerindeki ısının dağılımına göre değişir. Şekil 6.4 'de görüldüğü gibi takım talaş yüzeyinde yayınma ve çözünme aşınmaları aktif durumdayken, takım serbest yüzeyinde abrasif ve adhezif aşınma etkin durumdadır. Genellikle yüksek basınç ve sıcaklık altında metaller akma sınırına ulaşırlar ve temas bölgelerinde mikro kaynaklar oluşur. Kaynaklanmadan sonra, temas yüzeyleri birbirine göre rölatif olarak hareket ederlerse, mikro kaynaklar kırılır ve metal parçacıkları plastik akışla yer değiştirirler. Plastik deformasyon sırasında metaller şiddetli zorlama sertleşmesine maruz kalırlar ve temas eden bölgedeki malzemelerin sertliği ana malzemenin sertliğinden daha büyük olur. Bundan dolayı, bir yüzeyden, diğer bir yüzeye metal transferi gerçekleşir. Aşınmaların oluşumunda temel faktörler, mekanik, ısıl ve kimyasal faktörler olarak sıralanabilir.



Şekil 6.4 Kesici takımında aşınma bölgeleri (Yalçın, 2002).

HSS takımlar diğer çoğu takım malzemesinden daha çok hacimde talaş kaldırır. Bu nedenle kesici takım geometrisi, iş parçası malzemesi ve işleme türüne dikkat edilmelidir. Bir malzeme için tasarlanmış kesici takım, diğer bir iş malzemesi için uygun olmayabilir. Kesici takımlarda talaşlı imalat esnasında oluşabilecek hasarlar, bunların nedenleri ve önlemleri aşağıdaki gibi verilebilir:

- 1- Talaş yapışması
- 2- Kraterleşme ve takım yüzeyinin oyulması
- 3- Aşırı takım aşınmaları
- 4- Takım uç kırılması

Bu sorunların muhtemel olan sebepleri daha ayrıntılı olarak aşağıda verilmiştir:

1. Talaş yapışması olmuşsa
 - Kesme hızı çok düşük,
 - Yetersiz talaş açısı,
 - Karbür derecesi yanlış seçilmiş olabilir.

Çözümü;

- Kesme hızı arttırılmalı,
- Talaş açısı arttırılmalı,
- Ti veya Ta karbür derecesi seçilmelidir.

2. Kraterleşme ve talaş yüzeyi oyulmuşsa;

- Uygun olmayan karbür derecesi,
- Kesme hızı çok yüksek seçilmiş,
- Yanlış takım geometrisi verilmiş olabilir.

Çözümü;

- Krater aşınmaya dayanıklı karbür seçilmeli,
- Kesme hızının azaltılması,
- Talaş açısını arttırılmalıdır.

3. Aşırı takım aşınması;

- Kesme hızı çok yüksek,
- İlerleme miktarı çok düşük,
- Boşluk açısı çok az verilmiş olabilir.

Çözümü;

- Kesme hızı azaltılmalı,
- İlerleme miktarı arttırılmalı,
- Boşluk açısı arttırılmalıdır.

4. Takım ucu kırılmışsa;

- Uygun olmayan karbür derecesi,
- Uygun olmayan takım geometrisi,
- Kesme hızı, İlerleme ve talaş derinliği uygun olmayabilir,
- Tezgâh rijit olmayabilir,
- Tezgâh, takımın kesme anında durdurulmuş olması,

Çözümü;

- Daha tok karbür kullanılmalı,
- Yan kenar ve uç radyüsü arttırılmalı ve negatif talaş açısı kullanılmalı,
- Kesme parametreleri tekrar gözden geçirilmeli,
- Tezgâh rijit duruma getirilmeli ya da takım tezgâhı değiştirilmeli,
- Kesme işlemi yapılırken mutlaka durdurulmalı ise, takım boşa alınıp, daha sonra durdurulmalıdır.

Yukarıdaki aşınmaların oluşturan, aşınma mekanizmalarını kısaca açıklamak gerekirse;

6.4.2.1 Abrazif Aşınma

Abrazif aşınma, farklı iki sertlik değerine sahip malzemelerin karşılıklı etkileşimi sırasında sert olan malzemelerin diğerinin yüzeyini çizerek malzeme yüzeyinden parçalar kopması esasına dayanır. Bu aşınma türü, kesici ucun serbest yüzeyinin aşınmasına yol açar. Genellikle

kesici takımlarda meydana gelen aşınmanın % 50' sini oluşturur. Abrazyon aşınmasının değeri, kesme kuvvetleri ile lineer olarak artar. Yüksek derecede malzemelerin sertliği, takım üzerinde oluşacak abrazif aşınmaları azaltır.

6.4.2.2 Adhezif Aşınma

Malzeme yüzeyleri çıplak gözle düz gözükseler de, mikroskobik olarak incelendiklerinde yüzey pürüzlülüğü olduğu gözlenir. Yüzeyleri pürüzlü olan malzemelerin birbirleri üzerinde hareket etmeleri sırasında her iki yüzeyde bulunan çıkıntılar, sistemde bulunan kuvvetlerin etkisi altında birbirlerine kaynayarak bağ oluştururlar. Bu şekilde meydana gelen bağlar, soğuk kaynak olarak adlandırılır. İmalat esnasında oluşan sürekli hareket esnasında bu bağlar kopar. Kopma küçük partiküller kaynaklandığı bölgeden, malzeme kopartarak ayrılır. Bu mekanizmanın, birden fazla tekrerrütmesi malzeme yüzeylerinde önemli ölçüde malzeme kaybına sebebiyet verir. Genellikle kesici takımında oluşan aşınmanın % 20' sini adhezif aşınma mekanizması oluşturur (Yalçın, 2002).

6.4.2.3 Tabakalaşma Aşınması

Tabakalaşma aşınmasının temel mekanizması, kesici takımların süreli-tekrarlı ısınıp soğuması ve mekanik yükler altında çalışması sırasında meydana gelen plastik deformasyonlar sonucunda, malzeme yüzeyi altında mikro çatlakların çekirdeklenmesi ve makro çatlaklıklara dönüşmesi ile malzeme yüzeyinden parçaların koparak ayrılması neticesinde meydana gelen malzeme kayıplarını oluşturur.

6.4.2.4 Yayınma Aşınması (Difüzyon Aşınması)

Yayınma aşınması, yüksek sıcaklıklarda temas halinde bulunan farklı malzeme atomlarının bir metalden diğerine transfer olması şeklinde meydana gelen bir aşınma türüdür. Yayınma aşınması, kesme işlemleri sırasında oluşan yüksek sıcaklıkların kesici takım atomlarının aktivasyon atomlarını artırması ile kesici takım atomlarının talaşa geçmelerine sebebiyet vererek, kesici takımında aşınma hasarlarını oluşturan mekanizmalardan bir tanesidir. Yayınma aşınmasının hissedilir derecede meydana gelmesi, takı talaş ara yüzeyinde metalürjik bir bağın ve yüksek sıcaklıkların oluşmuş olmasını gerektirir (Yalçın, 2002).

6.4.2.5 Oksidasyon Aşınması

Yüksek sıcaklıklarda yapılan kesme işlemlerinde, kesici takımın ortam ile çeşitli reaksiyona girmesi neticesinde, takım yüzeyinde oksit tabakası oluşur. Kesici takım yüzeyinde oluşan

oksit tabakasının kararlı olması, oksitlenmesinin sürekliliğini engellemesine rağmen, oksit tabakası kesme işlemi sırasında meydana gelen mekanik etkiler sonucunda kırılmaktadır. Kırılan bu tabakalar, kesici takımın aşınmasına sebebiyet verebilecek malzeme kayıplarıdır (Yalçın, 2002).

6.4.3 Ani Kırılma

Kırılgan malzemelerden imal edilen takımlar ani kırılma riski taşırlar. Bu olaya özellikle seramik ve sinter karbür gibi kırılgan malzemelerden imal edilen kesici takımlarla gerçekleştirilen süreksiz kesme tipi operasyonlarda sıkça rastlanır.

Takım Ömrü Kriteri; Takım ömrü takım seçimini, proses değişkenlerini, proses ekonomisini, bilgisayar kontrolü ve otomasyonu etkiler. Krater aşınması limiti takım kenarının veya burnunun tamamen kaybı veya taban ve krater aşınması ile kaybedilen toplam akım malzemesi miktarı için önceden tayin edilmiş hacimsel cinsten bir limit değeri takım ömrünün tayininde kullanılan diğer kriterlerdir. Takım ömrünün bir aralıkta değişmesine aşağıdaki etkenler neden olmaktadır;

- İş parçası malzemesinin sertliğinin parça içinde bir noktadan diğer noktaya değişmesi
- Kesici takım malzemesindeki değişkenlik, geometri ve hazırlama şekli
- Takım tutucusu ve iş parçası bağlantısı ve diğer faktörlerden kaynaklanan titreşimler
- İş parçası yüzey karakteristiklerinin değişimi

Takım ömrünün tespiti amacıyla çelikler üzerinde çok sayıdaki deneysel çalışmada elde edilen datalar takım malzemesi ve prosese bakılmaksızın takım ömrü dağılımının genellikle normal logaritmik karakterde ve büyük standart sapmalara sahip olduğunu göstermektedir.

7. METAL İŞLEME SIVILARI

Talaşlı imalatta metal işleme sıvılarının nasıl ve ne zaman kullanılmaya başladığı tam olarak bilinmemektedir. İnsanların kendi araç ve gereçlerini yapmaya başladıklarından itibaren yüzey işleme tekniklerinden muhtemelen ilk olarak taşlama işlemi kullanılmıştır. Bazı doğal malzemelerin diğer malzemeleri belli şekilde çizdiği ve aşındırdığı gözlenmiştir. İlk çağlarda taşlarla bilen aletlerde suyun, bıçak gibi araçların yağ taşıyla bilenmesinde ise yağın kullanıldığı bilinmektedir (Güllü ve Poyrazoğlu, 2000).

F.W. Taylor (1890) takım çelikleriyle yapmış olduğu çalışmalarda az miktarda su kullanmasının kesme hızını büyük oranda arttırdığını tespit etmiştir. Metal işleme sıvılarının gelişimi az veya çok metal kesme tekniklerinin gelişimi, makine dizaynı ve kesici takım malzemelerindeki gelişmeler ile paralellik göstermiştir.

7.1 Genel Bilgi

Suyun pas önleme özelliğinin olmaması, yağlama özelliğinin az oluşu gibi dezavantajlarının yanında, yüksek soğutma kabiliyeti sebebiyle, suyu tatmin edici bir kesme sıvısı yapmak için başka maddelerle birleştirilmesi yolunda çaba harcanmıştır. Bu olay son dönemlere kadar modern emülsiyeye olabilen yağların keşfine kadar çok az başarılı olmuştur ve araştırmacılar tatminkâr bir solüsyon aramaya başlamışlardır. Araştırmalar neticesinde hayvani yağların (fatty oils) ve özellikle domuz yağının olumlu bir sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Bu yağların en büyük dezavantajı maliyetlerinin yüksek oluşudur. Ayrıca bozulmaya eğilimleri, bakteri üremesi ve gelişimine müsait olmaları ve yüksek sıcaklığın ortaya çıktığı durumlarda kısa dönemde kokuşmaları da önemli faktörlerdir. Tam bu sıralarda, madeni yağlar ortaya çıkmış ve hayvani yağlarla bu yağları karıştırarak, hayvani yağların en önemli dezavantajları giderilmiş ve birçok olumlu özelliğinden de istifade edilmiştir. Ayrıca çeşitli sülfür bileşikleri kaynamayı önlemek amacıyla bu yağların harmanlanmasında ilave edilmiştir. Daha sonraları klorür ve sülfür bileşiklerinin de benzer özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır.

Tüm bu gelişmelerin ve ileri formülasyon tekniklerinin artması sonucu bugün metal işleme sıvıları dikkatli bir kontrol altında bilimsel yöntemlerle üretilen oldukça kompleks bileşiklerdir [5].

Bütün talaşlı imalat işlemlerinde, iş parçasının plastik deformasyonu, takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünme ve kesici takım boşluk yüzeyi ile iş parçası arasındaki sürtünmeden

dolayı önemli derecede ısı oluşmaktadır. Bu ısı oluşumu 350°C ile 1000°C sıcaklık değerlerine ulaşabilmekte hatta daha yüksek değerler arasında değişmektedir. Talaşlı imalat işleminde oluşan ısı yapılan iş parçalarının kalitesini (ölçü hassasiyeti ve yüzey kalitesini) olumsuz olarak etkiler. Aynı zamanda oluşan ısı, iş parçasında çarpılmalara, kesici takımın hızlı aşınmasına ve plastik deformasyonlara neden olur. Bu nedenle talaşlı imalat işleminde oluşan ısıнын hızlı bir şekilde kesme bölgesinden uzaklaştırılması esastır (Suresh ve Venkatesvvara, 2006). İşlenmiş yüzeylerde meydana gelen kalıcı gerilmeler, yüzey kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir.

Taşlama işleminde, iş parçası üzerinde, taş tanesinin temas ettiği her yerde, taş tanesi ve malzeme arasındaki sürtünmeden dolayı bir ısı oluşmaktadır. Ayrıca plastik deformasyon olurken malzemelerde de ısı meydana gelir. Talaş kaldırılırken tanenin önündeki bölgede, şiddetli bir plastik deformasyon oluşmaktadır. Böylece kesici takım uçlarında önemli büyüklükte ısı oluşmakta, sıcaklık 1000°C ~ 1500°C'yi bulmaktadır. Oluşan bu yüksek sıcaklık, taşlanan iş parçası yüzeyinde ısı hasarlarına sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalardan iş parçası kalitesine göre kesme düzleminde ortaya çıkan ısıнын malzeme veya yüzey toleransı üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle taşlamada, soğutma özelliği yüksek olan bol miktarda kesme sıvısı kullanılmalıdır. Metal işleme sıvısı, soğutmanın yanı sıra, tanecikler arasındaki boşlukları temizleyerek takımın kesme kabiliyetini artırmaktadır. Metal işleme sıvısı yüzey kalitesini iyileştirmesinin yanında, taşlama sırasında oluşan toz, talaş gibi küçük parçacıkları alıp götürerek taşlama çevresini temizlemekte ve daha iyi bir çalışma ortamı meydana gelmesine katkı sağlamaktadır (Demir ve Güllü, 2001).

Birçok talaşlı imalat işleminde, işlenmesi zor olan makine parçalarının, kaliteli metal işleme sıvılarının geliştirilmesi ile işlenebilmelerinde büyük kolaylıklar gerçekleştirilmiştir.

Soğutma sıvısı, metal işlemede, takımların yağlanarak ve soğutularak daha iyi kesmesini ve daha çok dayanmasını sağlarken, işçilerin sağlığına zarar vermemeli ve çevre dostu olmalıdır. Bir metal işleme sıvısının, kaliteli bir kesme işleminin yerine getirilebilmesi için ortaya koyması gereken şartlar şunlardır; [6]

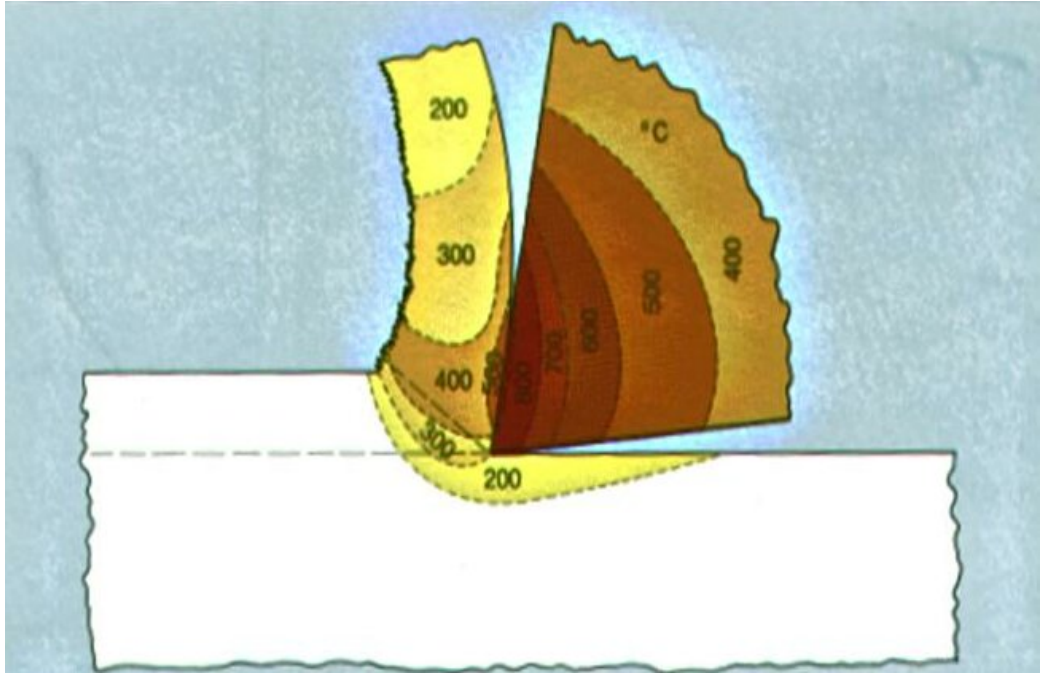
- Tatminkâr bir kesme hızını sağlaması,
- Yüksek yüzey kalitesi elde edilmesi,
- Takım ömrünü maksimum düzeyde arttırması.

Bu şartları yerine getirebilmesi büyük ölçüde kesme operasyonunun doğasına bağlıdır. Hız, besleme, uygulanan kesme derinliği, kullanılan kesici takımın türü ve işlenen metalin metalürjik özelliklerine bağlıdır. Bu konunun bütün bir tartışması, sürtünme etkisi, basınç,

sıcaklık değişimi, ısı akışı, iç gerilmeler v.s. gibi talaş kaldırma fiziğinin esaslarıyla ilgilidir. Ayrıca kesme sıvısı iş parçası ve tezgâh üzerinde meydana gelebilecek pası önlemelidir. Duman yapmamalı ve kötü bir kokusu olmamalı, çabuk bozulmamalı, zararlı herhangi bir madde içermemelidir.

7.2 Metal İşleme Sıvılarının İşlevleri

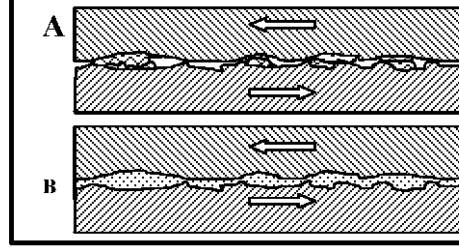
Metal işleme sıvısı; metallerde talaş kaldırma işleminde, öncelikle kesici ve iş parçasını soğutmak amacıyla kullanılan çeşitli kimyevi maddelerin bir karışımı olan sıvı olarak tanımlanabilir. Şekil 7.1 'de gösterildiği gibi talaş kaldırma işleminde, takım temas noktasında sürtünme ve talaşın deformasyonu sonucu yüksek sıcaklık oluşmaktadır. Bu sıcaklık nedeni ile kesici ısınmakta, aşınma artmakta ve buna bağlı olarak takım ömrü azalmaktadır. Kesme sıvısı, bu olumsuzlukları azaltmak için takımın soğumasını sağlamaktadır. Ayrıca işlenen iş parçasının yüzey kalitesini iyileştirir ve çıkan talaşları uzaklaşmasına yardımcı olur.



Şekil 7.1 Talaş kaldırma işlemi sırasında ortaya çıkan sıcaklık dağılımı (Demir vd, 2009).

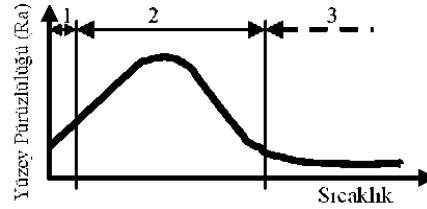
Birbirleri üzerinde iki yüzey, yağlamanın olmadığı bir ortamda kayarsa yüzeylerdeki pürüzler birbirlerine sürtülmektedir (Şekil 7.2). Malzemelerin sürtünmesi sonucu parçalar aşınarak malzemelerden koparlar. Metal işleme sıvısı yağlama özelliği sayesinde, iş parçası ve takım yüzeylerini birbirlerinden ayırarak aralarındaki aşınmayı azaltır (Şekil 7.3). Derin delik delme işleminde yağlama, sürekli iş parçasına temas eden destekleme elemanlarının aşınmasını

azaltması açısından çok önemlidir. Talaş oluşurken malzemeyi deforme etmek için gerekli enerji, kesme bölgesinde yüksek sıcaklıklara yol açmaktadır. Takım aşınması sıcaklıktan çok etkilenir. Takımın kesici kenarının ve destek elemanlarının ömrünü arttırmak için etkili bir soğutmanın sağlanması gereklidir



Şekil 7.2 Metal işleme sıvısının etkisi (Çakır, 2000).

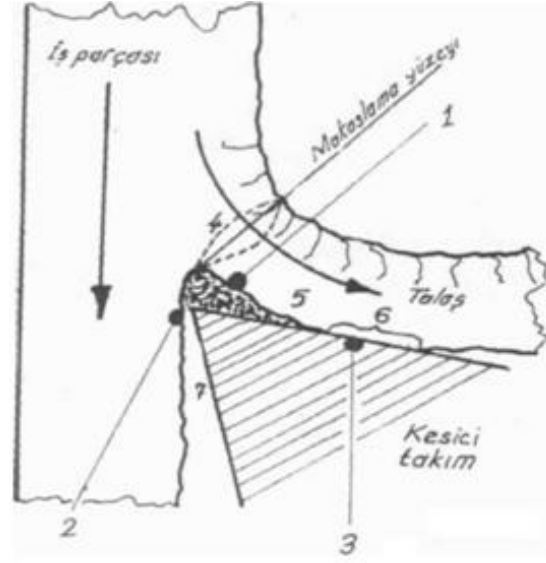
Şekil 7.3'deki diyagramda yüzey pürüzlülüğü, kesici kenar sıcaklığı T 'nin bir fonksiyonu olarak verilmiştir. En kötü yüzey yığılma kenar oluşumu nedeniyle (2) no'lu bölgede görülmüştür. Daha düşük sıcaklıklarda (1) yüzey daha düzgündür. En iyi yüzey kalitesi serbest kesme bölgesinde (3) elde edilmiştir (Çakır, 2000).



Şekil 7.3 Yüzey kalitesi-sıcaklık ilişkisi (Çakır, 2000).

İşlenmiş yüzey, talaşlardan ve işleme esnasında serbest kalan diğer parçacıklardan zarar görmemelidir. Bu nedenle oluşan talaşı etkili bir biçimde uzaklaştırmak için metal işleme sıvısı kullanılır. Bu, özellikle derin delik delmede önemlidir; aksi takdirde talaş vb. parçalar destek elemanlarının oluşturduğu basınç ile işlenmiş yüzeye yapışırlar. Talaş oluşumu, belirli malzemelerde metal işleme sıvısı basıncı yüksek bir delme sistemi kullanılarak kolaylaştırılır. Benzer bir şekilde yüksek metal işleme sıvısı basıncı, büyük yığıntı talaş (BUE) oluşumunun önüne geçilmesi demektir (Demir vd, 2009).

Metallerin talaş kaldırarak işlenmesi esnasında, talaşın takım üzerine kuvvetle sürtünmesinden ve takımın iş parçasına sürtünmesinden ve talaş oluşumu sırasında talaş iç bünyesinde meydana gelen kesme gerilmeleri neticesinde önemli ölçüde ısı açığa çıkar.



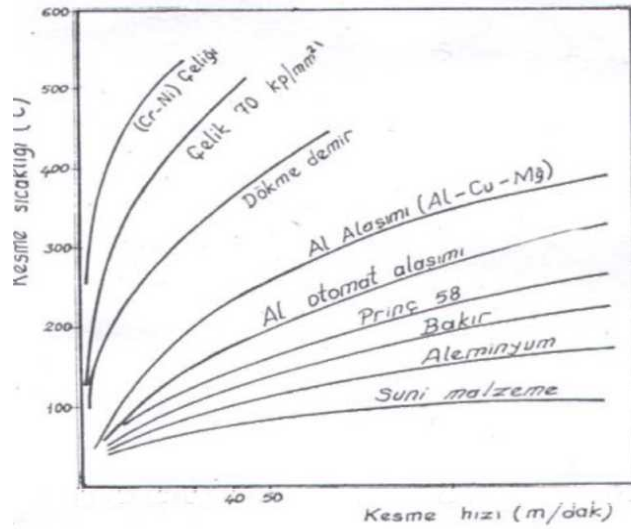
Şekil 7.4 Talaş kaldırma işlemi sırasında gerçekleşen olaylar ve bölgeler (Gül, 2006).

1- Takımın ucuna kaynayan talaşın üst kenarı 2- Takımın iş parçasına sürtündüğü sınır bölge 3- En yüksek basıncın olduğu bölge 4- Makaslama yüzeyi 5- Takım üzerinden kaymak için deforme olan ve içinde dahili sürtünme ile ısı birikmiş talaş 6- Talaşın sürtünerek ısıttığı takımın temas yüzeyi 7- Takım ile iş parçasının sürtünmesi ile ortaya çıkan ısının nüfuz ettiği takım yüzeyi.

Ortaya çıkan ısının miktarı şu faktörlere bağlıdır.

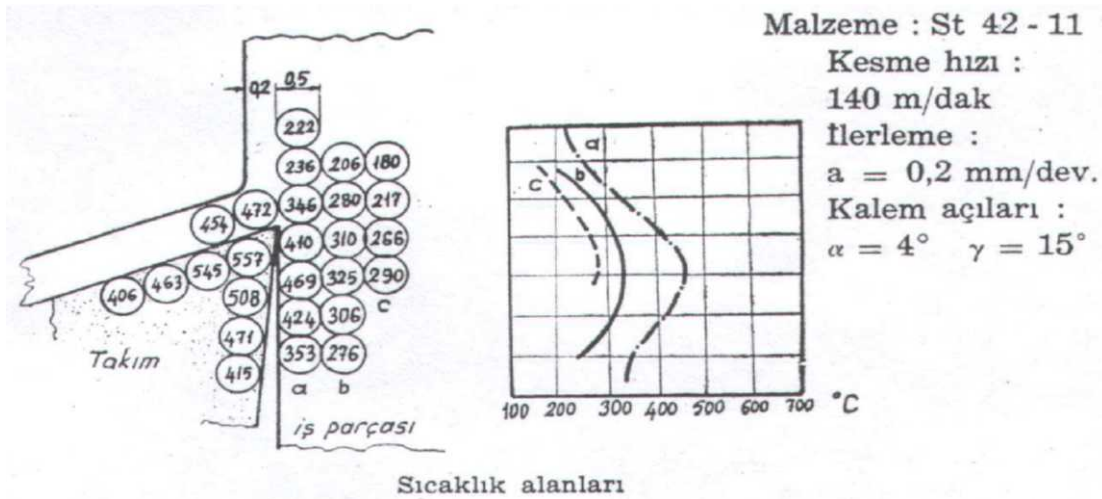
- İşlenen malzemenin cinsi ve kesme mukavemeti
- Kesici takımın çıkardığı talaşın şekli
- Kesme şartları (ilerleme, paso derinliği ve kesme hızı)
- Kesici takımın cinsi ve özellikleri
- Kesici takımın açıları ve bilenme durumu.

Genel olarak yumuşak ve gevrek malzemelerde kesme sıcaklığı düşük, sert ve mukavim malzemelerde ise yüksektir. Buna göre çeliklerde kesme sıcaklığı en yüksek, döküm gibi gevrek ve bakır, alüminyum gibi yumuşak malzemelerde ise en azdır. Ayrıca işlenen malzemenin ısı iletim kabiliyeti iyi olursa, üzerindeki ısıyı kolayca iletebileceğinden ısınması az olur.



Şekil 7.5 Malzeme çeşitlerine göre kesme hızı – sıcaklık diyagramı (Gül, 2006).

Kesme işlemi sırasında ortaya çıkan ısı miktarının bir kısmı iş parçası tarafından, bir kısmı takım tarafından ve bir kısmı da talaş tarafından alınacaktır. Bu alınan ısı miktarına göre de takım, iş parçası ve talaşın çeşitli bölgelerde değişik sıcaklık alanları oluşacaktır. Sıcaklık alanlarının dağılımını tespit etmek için belirli şartlarda yapılmış bir deney sonunda bulunan sonuçlar Şekil 7.6 'da görülmektedir (Gül, 2006).



Şekil 7.6 Kesme işlemi sırasında meydana gelen sıcaklık artışının bölgesel dağılımı (Gül, 2006).

Buradan da görüldüğü gibi talaş kaldırma esnasında gerek takımda ve gerekse iş parçasında meydana gelen sıcaklıklar hayli yüksektir. Kesme şartlarının ağırlaşması halinde kesici takımda meydana gelen bu sıcaklık 800 -1000 °C nin üzerine çıkabilmektedir. Takımların bu sıcaklıklara dayanması mümkün değildir. Takımların dayanabilecekleri maksimum sıcaklıkların üzerindeki çalışma şartlarında, kesici takımın sertliği büyük ölçüde azalarak, kesme kabiliyeti yok olmakta ve takımın çok kısa bir zamanda aşınarak kullanılmaz bir hale gelmesi gibi istenemeyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca yüksek kesme hızı ile yapılan işlemlerde ve yumuşak metallerin işlenmesinde, talaş ile takım arasında olan yüksek basınç ve yüksek sıcaklık tesiri ile bir kısım talaşın takımının kesici ucuna kaynamasına sebep olur. Ucuna talaş kaynamış bir takımla yapılan kesme işleminde, kaynayan talaşın zerreleri iş parçası içine dalarak, iş parçası yüzeyinin pürüzlü çıkmasına sebep olur.

Talaş kaldırma esnasında sürtünme sonucu takımın ısınarak mukavemetini kaybetmesi sonucu aşınma daha da hızlanır. Bu yüzden takım ile talaşın arasında aşınma bölgesinde bir yağ filmi meydana getirerek, mekanik sürtünmeye engel olmak gerekmektedir. Bu ise ancak uygun bir metal işleme sıvısı kullanarak mümkün olabilir. Böylece meydana gelen birkaç molekül kalınlığındaki ince yağ filmi metalik aşınmayı ve sürtünmeyi azaltır ve kesme takımının ömrünü büyük ölçüde artırır.

Genel olarak özetlersek, talaş kaldırarak işleme sırasında ortaya çıkan ısının yutulurak, yüksek sıcaklığın zararlı etkisini azaltmak, iş parçasının yüzey kalitesini arttırmak, takımla iş parçası arasındaki kuru sürtünmeyi yarı sıvı sürtünme haline getirerek takımın aşınmasını önlemek ve dolayısıyla takımın keskinliğinin uzun süre korunabilmesi için metal işleme sıvısı kullanmak mecburiyetindeyiz.

Talaşlı imalat verimini arttırmak için, bir metal işleme sıvısı üç ayrı fakat birbiriyle ilişkili fonksiyonu yerine getirmek zorundadır [5].

7.2.1 Yağlama İşlevi

Hareket halindeki iki katı cismin birbirine temas etmesi sonucunda sürtünme ve aşınma meydana gelir. Metal işleme sıvıları, bu iki cisim arasında koruyucu film tabakası oluşturarak, sürtünmeden doğan aşınmaları en aza indirir. Yağlayıcılık rölatif hareket halinde bulunan iki yüzey arasında bir film oluşturarak ve sürtünme katsayısını azaltarak hareketi kolaylaştırmak ve rölatif hareket halindeki yüzeylerin aşınmasını engellemektir [6].

Metal işleme sıvısının ilk görevi takımı, iş parçasını ve talaşı yağlamasıdır. İş parçasından talaş kaldırılırken kesici takım, iş parçası ve talaşın bulunduğu yerde kısmi bir vakum yaratıldığı düşünülür. Bu olay kapiler hareketle bağlantılı olarak kesme sıvısını, iş parçası, kesici takım ve talaşın karşılaştığı noktaya çekmeye eğilim gösterir. Sonuçta metalin metalle teması ile ortaya çıkan sürtünme büyük ölçüde azaltılmış olur.

Metal işleme operasyonlarında kullanılan kesme ürünlerinde çalışma şartlarının gereksinimlerine göre aşağıdaki yağlayıcılık mekanizmalarından biri veya birkaçı aynı anda kullanılabilir [5].

7.2.1.1 Hidrodinamik Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılıkta, yağlayıcı madde sadece sahip olduğu viskoziteden dolayı iki yüzey arasında bir film tabakası oluşturarak yüzeylerin temas etmesini, dolayısıyla sürtünmeyi engeller.

Bu yağlayıcılıkta oluşan film tabakası son derece zayıf bir film tabakasıdır ve çok kolaylıkla bozulabilir. Bu nedenle bu yağlayıcılık çok az miktarda yağlayıcılığın gerektiği durumlarda kullanılır.

7.2.1.2 Polar (Boundry) Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılık sıvının sahip olduğu polar katıklarla olur. Sıvının içindeki polar katıklar metal yüzeyinde toplanırlar ve polaritelerinden dolayı birbirlerini ittiklerinden metal yüzeylerinin birbirlerine temaslarını engelleyerek sürtünmeyi minimumda tutarlar ve yağlayıcılık yaparlar. Yağlayıcılık hidrodinamik yağlayıcılığa göre daha yüksektir. Seçilen polar katıkların cinsi ve miktarı da yağlayıcılık derecesini etkiler. Çok aşırı basınç altında çalışmalarda katıkların polariteleri bozulduğundan bu yağlayıcılık istenen sonuçları vermez.

7.2.1.3 Extreme Pressure (EP) Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılık formülasyona dâhil edilen EP katıkları ile elde edilir. EP katıkları metal yüzeyi ile kimyasal reaksiyona girerek metal yüzeylerinde çok dayanıklı bir film oluştururlar ki, bu film en zor şartlarda 800-900°C lere ulaşan sıcaklıklarda bile bozunmayarak yağlayıcılık özelliğini devam ettirir ve aşınmayı engeller [5].

Genel olarak limit bir basınç değerine kadar sürtünen iki yüzey arasına giren yağlayıcı, metalin metale direkt olarak temasına engel olmaktadır. Bu hidrodinamik rejim halidir. Burada yağlayıcı yükleme sonucu meydana gelen basıncı karşılamaktadır. Fakat kayda değer

yüksek basınçlarda metal üzerinde çalışma bazen hidrodinamik filmi parçalar. İşte o halde klasik yağlayıcıların mekanik görev limitlerinin dışına çıkmış olur.

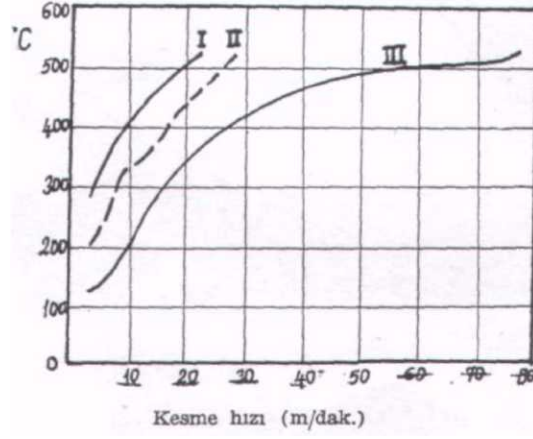
Bu yüzden metal işleme sıvılarının formülasyona dâhil edilen EP katıkları ile daha güçlü bir yağlayıcılık elde edilir. EP katıkları metal yüzeyi ile kimyasal reaksiyona girerek metal yüzeylerinde çok dayanıklı bir film oluştururlar ki, bu film en zor şartlarda 800-900°C'lere ulaşan sıcaklıklarda bile bozunmayarak yağlayıcılık özelliğini devam ettirir ve aşınmayı engeller.

Bu katıklar temas halindeki yüzeylerde sıcaklığın tesiri ile kimyasal koruyucu bir tabaka oluştururlar. Genelde kükürt (S), Klor (Cl) Fosfor (P), Kurşun (Pb) esaslı olan katıklar yüksek sıcaklıkların etkisi altında, talaş kaldırılan metalle alaşım oluşturarak Sülfürler, Klorürler, Fosförlükler v.s. gibi katı bileşikler meydana getirirler. Bu bileşikler metalden daha fazla plastik özelliğe sahiptirler ve daha düşük bir sürtünme katsayısına sahip metal özelliğini gösterirler. Bu kimyasal reaksiyonlar, işlenmekte olan metalin üzerine devamlı metal işleme sıvısı akıtılmakla arka arkaya tekrarlanır ve aynı zamanda da metalik bir yağ filmi meydana getirirler. Böylece sürtünme büyük ölçüde azaltılarak, kesici takımın aşınması azaltılmış yani ömrü arttırılmış olur (Gül, 2006).

7.2.2 Soğutma İşlevi

Talaşlı imalatla kullanılan soğutma sıvıları, kesici takımın iş parçasından, talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığı azaltarak, kesici ile iş parçası yüzeyi arasındaki sürtünmenin azaltılmasını amaçlamaktadır. Soğutma ve yağlama işleminin en iyi bir şekilde uygulanması, takım ömrünü arttıracaktır.

Soğutma ve yağlama sıvılarının, fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için, yüksek ısı iletme kabiliyetlerine, yüksek özgül ısıya sahip olmaları ve sürtünme yüzeylerinde birkaç molekül kalınlığında, yapışmış bir sıvı tabakası oluşturmaları gerekir. Sıvıların bu özelliğine "yapışma kalitesi" denir. Yağlama sıvısının yüzeylere yapışmasında, sıvının kimyasal yapısı önem taşır. Bazı imalatçı firmalar ve araştırmacılar, temiz imalat ortamını sağlamak ve soğutma sistemi masraflarını en aza indirebilmek için, soğutma sıvısız talaşlı imalatı önermektedirler. Fakat soğutmasız talaşlı imalat, ancak kesici takımların talaş kaldırma sırasında oluşan ısıyı karşılayabilecek, sert seramik kaplamalarla kaplanması ile sağlanabilir. (Yalçın, 2002).



Şekil 7.7 Çalışma ortamlarına göre kesme hızı - sıcaklık grafiği [5].

I-Kuru Çalışma II-Yağ soğutmalı Çalışma III -Su Soğutmalı Çalışma

Şekil 7.7 'de kuru, yağ soğutmalı ve su soğutmalı kesme ortamlarda oluşan sıcaklık değerleri görülmektedir. Kuru kesmede sıcaklık hızla yükselmektedir. Yağ ile soğutma işleminde yağın ısı absorpsiyonu suya göre daha düşük olduğu için su soğutmalı kesme işlemine göre sıcaklık artışı daha hızlıdır. En başarılı soğutma işlemi su ile yapılabilmektedir [5].

7.2.3 Kaynağı Önleme İşlevi

Metal işleme sıvısının soğutma ve yağlama özelliğine rağmen iş parçası, kesici takım ve talaş üzerinde metal ile metalin teması sınırlı bölgelerde daima mevcuttur. Bu sınırlı alanlarda ortaya çıkan ısı küçük metal partiküllerinin iş parçası ve kesici takıma kaynamasına imkân verebilecek yüksekliktedir. Bu olayı önlemek için, sülfür, klorür ve diğer kimyasal bileşikler metal işleme sıvılarına ilave edilir. Bunlar temas alanlarını sabunumsu metalik bir film tabakası ile örterler ve metal partiküllerinin kaynak olmasını engellerler [5].

Takım ile malzeme arasında doğan adezyon kuvveti etkisiyle sürtünme esnasında koparılan metal zerrecikler takıma kaynayabilir. Kaynama yoluyla aşınma, kesme takımına yapışan bu zerrecikler yığınının meydana gelişi sonucu olur. Burada prensip yumuşak malzemenin sert takımın ucunda birikme meydana getirmesidir, özellikle yüksek kesme hızlarındaki talaş kaldırma işlemlerinde, yüksek basınç ve sıcaklıktan dolayı, işlenen metal parçacıklarının, plastik deformasyon ve yüksek basınç tesiri ile, takımın ucuna kaynaması kolaylaşır. Az miktardaki kaynamalara müsaade edilebilir ve hatta kesici takımın ucunu da korur, fakat aşırı derecede çapak kaynaması düzgün yüzeyli olmayan bir iş parçası yüzeyi meydana getirecek ve takım da aşınacaktır. Uygun bir EP tipi yağ kullanılması sayesinde, takım ile talaş arasında meydana gelen ince bir yağ filmi bu kaynamaya engel olur (Gül, 2006).

7.2.3 Metal İşleme Sıvılarının Diğer Özellikleri

Metal işleme sıvılarının temel işlevlerin yanı sıra ek özelliklere de sahip olması gerekmektedir (Akkanat, 2007). İdeal bir metal işleme sıvısında bulunması gereken diğer özellikler;

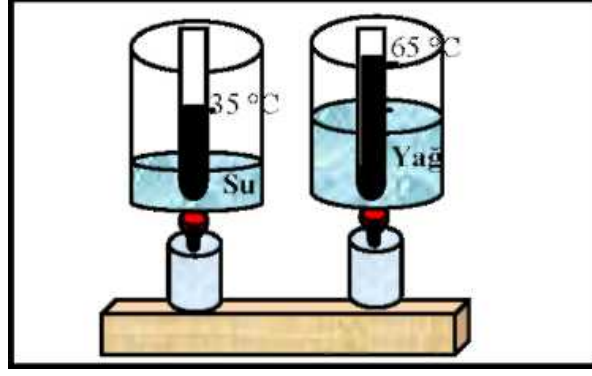
- Solüsyon içerisinde kararlı olması
- Metal işleme operasyonlarının birçoğunda kullanılabilir olmalı, yüzey kalitesi iyi parçalar üretimini sağlamalı
- Pas ve korozyondan koruyabilmeli
- Köpüklenme ve dumanlanma yapmamalı
- İstenmeyen kalıntılar oluşturmamalı
- İstenmeyen kokuları çıkartmamalı
- Uzun ömürlü olmalı, bakımı yapılabilirmeli
- İşçi sağlığını tehdit etmemeli
- Güvenli ve kolay bir şekilde bertaraf edilebilmeli.

7.3 Metal İşleme Sıvılarının Sınıflandırılması

Metal işleme sıvıları çalışma sırasında istenilen performansları elde edebilmek için değişik özelliklerde formüle edilirler. Bu ürünlerin kullanım alanları çok geniştir. Bazen yağlayıcılık ön plandadır, bazen soğutuculuk daha önemlidir ve ince talaş oluşan operasyonlarda da kaynağı önleme özelliği daha önemlidir. Metal işleme sıvıları bütün bu gereksinimlere cevap verebilecek şekilde neat yağlar, emülsiyonlar (bor yağları), yarı sentetik ürünler ve tam sentetik ürünler olarak değişik gruplarda üretilirler [5].

Metal işleme sıvıları, işlevleri bakımından soğutucu ve yağlayıcı olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Soğutucular iyi bir özgül ısıya (ısı iletme kabiliyetine), yağlayıcılar da iyi bir ıslatma kabiliyetine sahiptir. Soğutucuların arasında en iyisi su, yağlayıcıların arasında da en iyileri saf yağlardır. Suyun özgül ısısı 1,0 olarak alınırsa, normal yağların özgül ısısı yaklaşık olarak 0,45'tir: buna karşın suyun ıslatma kabiliyeti çok zayıftır.

Aynı ağırlıkta su ve yağ aynı miktarda ısıtıldığında suyun yağa göre daha az ısındığı görülmektedir (Şekil 7.8). Isıtılan yağ ve su soğumaya bırakıldığında, suyun yağa göre daha kısa zamanda soğuduğu bilinmektedir. Bu nedenlerle su karışımlı kesme sıvıları saf yağlara göre daha iyi soğutucu özelliktedirler.



Şekil 7.8 Eşit Ağırlıkta Yağ ve Su (Oğul, 2005).

Metal işleme sıvıları içerdikleri yağ oranlarına göre ise 4 ana gruba ayrılmıştır, her bir grup için birçok değişik formülasyon mevcuttur. Çizelge 7.1 'de, soğutma sıvısı kategorilerini ve içerdikleri yağ miktarı belirtilmektedir.

Çizelge 7.1 Metal işleme sıvıları ve özellikleri (Akkanat, 2007).

Çözünür Yağ	%60-85 oranında mineral yağ içerirler ve su içine dağılırlar
Yarı Sentetik	%5-50 oranında mineral yağ içerirler ve su içine dağılırlar
Tam Sentetik	Mineral yağ içermezler
Saf Yağ	%70-85 oranında mineral yağ içerirler ve su içine dağılmazlar

Mineral yağ bazlı ve yarı sentetik ürünler suyla emülsiyon, tam sentetik ürünler ise suyla solüsyon oluştururlar. Çözünür Yağlar, göreceli olarak geniş bir operasyon aralığında kullanılırlar; ancak, yarı-sentetik yağlara göre daha düşük sızıntı yağ defetme özellikleri vardır. Tam sentetik yağların çok iyi sızıntı yağ defetme özellikleri vardır; ancak, makine içinde paslanmaya neden olurlar. Saf yağların öncelikli kullanım alanları, delme ve kılavuzla dış açma işlemleridir; ancak, su içermedikleri için diğerlerine kıyasla en kararlı ve bakımı en kolay yağlardır.

7.3.1 Metal İşleme Sıvıları Bileşenleri

Metal işleme sıvıları işlenen yüzeyi soğutmak ve yağlamak amaçları ile kullanılırlar. Kullanılan sıvının tipine göre, pas koruması, biyolojik dayanım ve kararlılık gibi diğer amaçlar için de kullanılabilir. Çizelge 7.2 'de metal işleme sıvılarının ve içerdiği temel bileşenlerin isimleri verilmiştir.

Çizelge 7.2 Metal işleme sıvılarının içerikleri (Akkanat, 2007).

Soğutma Sıvısı Katkıları	Saf Yağ	Çözünen Yağ	Yarı Sentetik	Tam Sentetik
Mineral Yağ		●	●	
Emülgatör		●	●	
Aşırı Basınç Katkıları	●	●	●	●
Sınır Yağlayıcıları	●	●	●	●
Korozyon İnhibitörleri	●	●	●	●
Köpük Kesiciler	●	●	●	●
Metal Deaktivitörleri	●	●	●	●
Renk verici	●	●	●	●
Biyosit	●	●	●	
pH Tampon katkıları	●	●	●	
Kararlılık katkıları	●	●	●	
Deiyonize su	●	●		
Islatma Katkıları	●			
Temizleme Katkıları	●		●	
Anti-Duman Katkıları	●		●	

Çizelge 7.2 ‘de görüldüğü üzere, bütün metal işleme sıvılarında,

- İşleme prosesi sırasında oluşan aşırı basınçlara dayanım için aşırı basınç katkıları,
- Molekülleri kaygan tutmak için sınır yağlayıcıları,
- Pasa karşı dayanım için korozyon inhibitörleri,
- Köpük kesiciler,
- Sıvı içindeki iyonları de aktive etmek için metal deaktivitörleri ve boya bulunmaktadır.

Saf yağlar dışındaki bütün yağlar,

- Bakteri kontrolü için biyosit,
- pH'ı belirli bir değerde tutmak için pH tampon katıkları
- Yağın solüsyon içinde karışabilmesi için kararlılık katıkları içerirler.

Yağ içinde çözünenler ve yarı sentetikler mineral yağ içerirler, ayrıca su ile emülsiyon yapabilmeleri için emülgatörler içerirler.

Tam sentetikler yağ içermezler ancak, yağlama ihtiyaçlarını gidermek için ısılatma katıkları içerirler. Ancak her tipteki yağın kendi özelliği ayırdır, bu bakımdan metal işleme operasyonunda kullanılacak yağın iyi seçilmesi gerekmektedir.

Madeni Yağları orijinlerine ve kimyasal yapılarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür [6].

I.Doğal Yağlar: Bitkisel, Hayvansal, Petrol Esaslı Yağlar (aromatik, alifatik, parafinik ve naftanik yağlar, karışık yağlar)

II. Sentetik Yağlar: Polialfaolefinler(PAO) , Dibazik Asit Esterler, Poliesterler, Alkillenmiş Aromatikler, Polialkilen Glikol(PG), Fosfat Esterleri.

Doğal yağlar sınıflandırılmasında yer alan bitkisel ve hayvansal yağlar günümüz yağlama teknolojisine ve yağlama ihtiyaçlarına cevap veremeyecek niteliktedir. Bu özellikleri karşılamak üzere petrol esaslı yağlar ve sentetik yağlar kullanılmaktadır Çizelge 7.3'de yağların birbirleri ile karışabilirlik özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 7.3 Yağların Birbirleriyle Karışma Durumu [6].

	Mineral Yağ	PAO	PG	Doğal Ester	Sentetik Ester	Silikon Methil Bazlı	Silikon Fenil Bazlı	Polieter
Mineral Yağ	-	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
PAO	Evet	-	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır
PG	Hayır		-	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır
Doğal Ester	Evet	Evet	Hayır	-	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Sentetik Ester	Evet	Evet	Hayır	Evet	-	Hayır	Evet	Hayır
Silikon Methil Bazlı	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	-	Evet	Hayır
Silikon Fenil Bazlı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	-	Hayır
Polieter	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	-

Hemen hemen bütün metal işleme sıvıları çok sayıda tekil maddenin bileşimi yoluyla meydana gelmiş olup, görecekları işleve uygun olarak üretilirler. Kesme yağı maddeleri DIN51385'e göre su karışimsız (örneğin madeni yağ) ve su karışımı soğutma yağları olarak da sınıflandırılırlar. Emülsiyon veya çözeltiler, madeni yağı su ile karıştırılmak suretiyle, sulandırılabilir kesme yağlarından elde edilir. Su karışımı bu kesme yağlarının özellikleri esas olarak suyun fiziksel özellikleri tarafından belirlenir. Suyun özgül ısı kapasitesi yağına oranla daha yüksek ve ısı iletkenliği daha iyi olduğundan, su karışımı kesme yağlarına göre daha yüksek bir soğutma performansına sahiptirler. Su karıştırılmayan kesme yağları yağ bazlı olarak üretilir. Bunların soğutma performansı, düşük özgül ısı kapasiteleri nedeniyle, su karıştırılabilir kesme yağlarına göre oldukça düşüktür. Bu nedenle bu sınıfa giren kesme yağları öncelikle yüksek yağlama etkisini gerekli olduğu yerlerde kullanılırlar. [5].

7.3.2 Saf (Neat) Yağlar

Bu yağlar yağlayıcılık ihtiyacının soğutuculuk ihtiyacından daha fazla olduğu uygulamalarda suyla karıştırılmadan oldukları gibi kullanılan ürünlerdir.

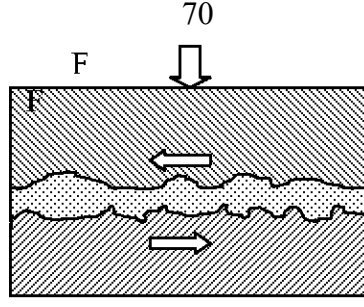
Petrol, hayvan, deniz veya bitkisel kaynaklı yağların biri veya birkaçının kombinasyonundan oluşurlar. Mineral yağ, kesme yağlarının formülasyonunda en çok kullanılan yağdır. Öte yandan mineral yağın hiçbir katıksız olduğu gibi kullanılma alanları yüksek işlenebilirlikteki metallerle (alüminyum, pirinç, magnezyum gibi) ve çelik üzerindeki bazı hafif işlemlerle sınırlanmıştır. Mineral yağ katıksız olarak kullanıldığı durumda sadece hidrodinamik yağlayıcılık sağlar. Öte yandan mineral yağlarla birlikte polar katıklar kullanıldığında yağın polar yağlayıcılığı artar ve daha zor şartlı operasyonlarda kullanılabilir. Aynı şekilde daha da zor şartlarda çalışabilmek için bu yağların formülasyonuna aşırı basınç (EP) katıkları ilave edilebilir.

Saf yağlar iyi bir yağlama özelliğine sahip olup korozyona karşı koruma sağlarlar, ancak su esaslı kesme sıvıları kadar iyi soğutma sağlayamazlar. Su ile karıştırılmayan saf kesme yağları aşağıdaki ana gruplara ayrılabilirler (Çakır, 2000).

Mineral yağlar: Saf veya karışım halde kullanılır. Saf mineral yağların yağlama özellikleri çok iyidir ve korozyona karşı çok iyi bir koruma sağlarlar. Soğutma özelliklerinin iyi olmamasından dolayı mineral yağlar, öncelikle pirinç, dökme demir ve hafif alaşımların işlenmesi gibi daha çok hafif talaşlı imalat işlemlerinde kullanılmaktadır.

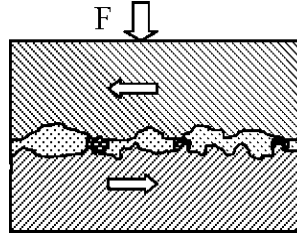
Organik yağlar: Hayvansal veya bitkisel esaslı yağlardır. Yağ oranları fazla olup iyi bir yağlama sağlarlar. Günümüzde organik yağların pahalı ve zor temin edilmesinden dolayı yerini mineral esaslı yağlar almıştır.

Mineral ve organik esaslı karışımli yağlar: İş parçası ve takıma gelen yüklerin büyük olduğu, dolayısıyla kesme ortamının dayanımının yüksek olması gereken durumlarda mineral yağ içine organik yağ katkıları karıştırılabilir. Söz konusu katkı maddeleri yüksek dayanıma ve düşük kayma direncine sahip ince bir tabaka oluştururlar (Şekil 7.9).



Şekil 7.9 Yağ filmi (Çakır, 2000).

EP (Yüksek basınç) yağları; Kesme kuvvetlerinin yüksek olduğu uygulamalarda kesme sıvısı, birbiri üzerinde kayan yüzeyler arasındaki basınç yüksek olsa bile yağlama yapabilmektedir. Bunu sağlayabilmek için, ağır çalışma koşullarında EP katkı kesme yağları kullanılır. Bu tip katkı maddeleri kayan yüzeylerdeki metalle bileşikler oluştururlar. Bu etki, yüzey pürüzlülüğünün yağ filmini bozduğu yerlerde görülür ve oluşan bileşik karşılıklı yüzeylerdeki tepe noktalarının birbirine kaynak olmasını engelleyen bir yağlayıcı oluşturur (Şekil 7.10). Katkı maddeleri kükürt, klor ve fosfor bileşiklerini içerirler. Bu bileşikler yüksek sıcaklıklarda reaksiyona girerek metalik sülfat, klorit ve fosfat oluşumuna neden olurlar.



Şekil 7.10. Tepe noktalarının kaynak olması (Çakır, 2000).

7.3.3 Sentetik Ürünler

Bu ürünler mineral yağ içermezler ve uygulama amaçlarına göre yağlayıcılığı artırıcı, pas önleyici katıklar içerirler.

Bu tip ürünler suyla seyreltildiklerinde emülsiyonların sütümsü görünüşlerinin aksine yarı şeffaf ve şeffaf solüsyonlar oluştururlar ve soğutuculuğun yağlayıcılığa göre daha fazla gerek duyulduğu uygulamalarda tercih edilirler. Özellikle taşlama işlemlerinde operatörün işlem yüzeyini görebilmesi açısından avantajları bulunmaktadır.

7.3.4 Yarı Sentetik Ürünler

Bu tip yağlar klasik emülsiyonlara (çözünür yağlar) göre daha az mineral yağ içerirler. Kullanım amaçlarına göre formülasyonlarına aşırı basınç (EP) katıkları, pas önleyici katıklar, bakteri üremesini önleyici katıklar dâhil edilir.

Yarı sentetik ürünler, klasik emülsiyonların yağlayıcılık özellikleri ile sentetik ürünlerin soğutuculuk özelliklerini bünyelerinde taşıdıkları için en yaygın olarak kullanılan ürünlerdir. Emülsiyon, yağın emülsiyon yapıcı ajanlarla ve diğer katıqlarla birlikte suda karıştırılmasıyla yağ taneciklerinin su içinde askıda kalmasıyla oluşan bir karışımdır. Hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağların ya da esterlerin ilavesi emülsiyonların yağlayıcılığını artırır. Sülfürlü, klorlu ve fosforlu katıqların ilavesi ise emülsiyona daha yüksek yağlayıcılık ve aşırı basınç (EP) özellikleri verir. Su, yüksek spesifik ısısı, yüksek termal iletkenliği ve yüksek buharlaşma ısısı ile en etkili soğutma ortamıdır. Emülsiyonlarda, suyun mükemmel soğutma özellikleri yağlar ve yağlayıcılık sağlayan katıqlarla birleştirilmiştir [5].

Çözünür yağlardan farklı olarak, yarı sentetik ürünlerde mineral yağın yanı sıra çok sayıda katkı maddesi bulunmaktadır. Bu sebeple klasik bor yağlarına nazaran çok daha üstün özelliklere sahip olmaları mümkündür. Sahip oldukları katıqlar sayesinde mikro emülsiyonlar oluştururlar ve su içerisinde çok daha küçük taneler halinde dağılırlar. Bu da yarı sentetik soğutma sıvılarının, klasik emülsiyonlara nazaran daha kararlı ve uzun ömürlü olmasını sağlar. Yüksek korozyon koruması, bakteri ve mantarlara karşı yüksek dayanım ve uzun banyo ömrü, üst düzey yağlama, takım ömürlerinde ve yüzey kalitesinde artış gibi özellikleri, yarı sentetik yağları çözünen yağlara üstün kılan özelliklerdir ve bu nedenle endüstrideki kullanım oranları hızla artmaktadır. Cinsleri ve markalarına göre genellikle %3 ile %15 oranında su ile karıştırılarak kullanılırlar.

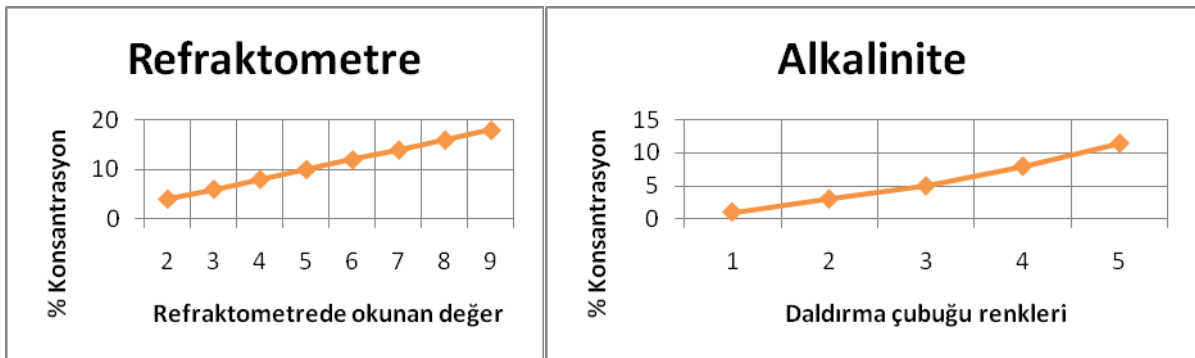
Potenza marka orta derecede mineral yağ içeren, çok amaçlı, biyostatik, yarı-sentetik metal işleme sıvısına ait teknik broşürde (TDS) yer alan veriler çizelge 7.5 ve 7.6 'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.5 Potenza 470 metal işleme sıvısının kullanım aralığı[1].

	Torna	Freze	Testere	Taşılama	Honlama	Raybalama	Diş Açma	Derin delik delme	Broşlama
Çelik	●	●		●			●		
Paslanmaz Çelik									
Yüksek Alaşım Çeliği	●	●		●			●		
Titanyum									
Karbür									
Dökme Demir	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bakır Alaşımları									
Alüminyum alaşımları <%7 Si									
Alüminyum alaşımları >%7 Si									
Plastik	●	●		●			●	●	

Çizelge 7.6 Potenza 470 metal işleme sıvısının tipik özellikleri [1].

Özellik	Tipik Değer	Birim
Görünüm	Açık Kehribar	[-]
Kinematik Vizkozite	52	[mm ² /s, 40 ⁰ C]
Yoğunluk	1058	[kg/m ³ , 15 ⁰ C]
Akma Noktası	<4	[⁰ C]
Mineral Yağ/Ester miktarı	16 / 0	[%ağ]



Şekil 7.11 Potenza 470 metal işleme sıvısının refraktometre ve alkalinite değerleri [1].

7.3.5 Çözünür Yağlar (Bor Yağları)

Talaş kaldırma işlemlerinde yaygın olarak kullanılırlar. Bor yağı olarak da isimlendirilen bu tip metal işleme sıvıları, madeni yağın su içinde çok küçük damlacıklar halinde dağılarak (Klasik emülsiyon halinde) karışması sonucunda elde edilir ve karışım süt görünümündedir. Karışıma bu beyaz rengi, su içinde dağılmış ince yağ zerreleri verir. Madeni yağı su içinde karıştırmak suretiyle elde edilen bu emülsiyondaki yağ damlacıklarının büyüklüğü emülsiyonun stabilitesi bakımından önemlidir. Emülsiyondaki yağ damlacıkları ne kadar küçük ise emülsiyon o derece stabildir. Yani su ile yağ kolayca birbirlerinden ayrılmazlar ve bu durumlarını uzun süre muhafaza ederler. Genellikle iyi bir stabilite için, su içinde dağılmış madeni yağ damlacıklarının büyüklüğü 0,0001 mm den büyük olmamalıdır. Kaba işlemlerde, bir miktar yağlama yeterli geldiği için bu ölçü 0,0005 mm'nin üzerinde tutulabilir. Bu büyüklüğün anlamını kolaylaştırmak bakımından bir örnek verirse; süt içindeki tereyağı taneciklerinin büyüklüğü 0,005 mm'dir. Kıyaslayabilmek açısından süt ve farklı iki emülsiyonun tane büyüklüklerinin 500 defa büyütülmüş halleri Şekil 7.11 'de görülmektedir.



Şekil 7.12 Süt ve Emülsiyonlarda yağların dağılımı (Gül, 2006).

Su içinde dağılmış yağ damlacıklarının küçüklüğü, yani emülsiyonun inceliği yağın cinsine, üretim metoduna, su cinsine ve emülsiyonun hazırlanış tarzına bağlıdır. Yağla su karıştırıldığı zaman emülsiyon oluşması ve ince taneli olmasını mümkün kılmak için emülsiyonu teşvik edici bir aracıya ihtiyaç vardır. Bu özelliği sağlayabilmek için madeni yağa emülgatörler eklenir. Böylece emülsiyon, piyasa diliyle bor yağlan elde edilmiş olur. Çözünür yağlar, yarı sentetik sıvılara göre daha büyük taneli emülsiyonlar oluştururlar ve içlerindeki katkı miktarı görece olarak daha düşüktür. Bünyelerinde organik yağlar ve amaca göre EP katıkları bulunabilir.

Bor yağları suda erimezler, bilakis suyun içinde küçük damlacıklar halinde dağılmış olarak bulunurlar. Bu damlacıklar çok küçük olduğundan, emülsiyonun kontrolünde kaba bir

emülsiyonun incesinden ayrılması, ancak mikroskop yardımı ile mümkündür. Mikroskopla incelemek her zaman mümkün olamayacağından, emülsiyonun kontrolü hizmet esnasında verdiği sonuçlardan yola çıkılarak yapılır. Kaba emülsiyonlar hizmet esnasında incelere oranla daha çabuk kuvvetlerini kaybederler ve dolayısı ile yağlayıcı ve korozyondan koruyucu özelliklerini muhafaza edebilmeleri için konsantrasyonlarının daha sık kontrol edilmesi gerekir. Kaba emülsiyonlar aynı zamanda kolayca ayrışma tehlikesine sahiptir. Emülsiyon özelliğine etki eden en önemli faktörlerden biri de bor yağı - su oranıdır. Bu oran kullanma maksadına göre % 1 ile % 20 arasında değişir. Emülsiyondaki yağ konsantrasyonu arttıkça yağlama özelliği de artar. Konsantrasyon düştükçe soğutma özelliği artar fakat paslanmaya karşı koruyuculuk azalır. Emülsiyondaki yağ konsantrasyonu işleme şartlarına göre zamanla artar veya azalabilir. Fakat genelde azalma görülür. Çünkü metal talaşlarına ve işlenen yüzeylere sudan ziyade yağ zerrecikleri yapışmaktadır. Talaşların atılması sonucu yağ konsantrasyonunda azalma olur. Bu sebeple emülsiyonun kuvvetini sabit tutabilmek için konsantrasyonu zaman zaman ölçülerek gerektiği kadar yağ ilâve edilir. Çalışma şartlarının yüksek sıcaklık yarattığı hallerde ise suyun buharlaşarak emülsiyondan ayrılması ile emülsiyonun yağ oranında bir artma meydana gelir. Bu durumda ise gerektiği kadar su hazırlanarak emülsiyon bunun içinde sulandırılır.

Genel maksatlı kullanılan bor yağları kullanma şekline ve yerine göre depolarda emülsiyon halinde bulunur. Genel tezgâh işlemlerinde (torna, freze, delme, kesme vs.) emülsiyon konsantrasyonu % 3-20 arasında değişebilirlerse de genellikle % 5-10 konsantrasyon tercih edilir. Emülsiyonlarda elde edilen daha yüksek soğutma verimleri dolayısı ile bu karışımlar birçok bakımlardan saf madeni yağlara nispetle daha üstün performans gösterirler. Bilhassa demir boru teçhizatında iç dış açma işlemlerinden saf madeni yağın yerini almış durumdadır.

Taşılama işlemleri için daha düşük konsantrasyonlu emülsiyonlar kullanılır. Genellikle uygulanan oran %1-2,5 arasındadır. Bu emülsiyonlar daha mükemmel bir soğutma işi görürler ve yüzeyde çapak oluşumu azalır. Daha zengin emülsiyonlar taşılama taşının yüklenmesine sebep olurlar. Merkezi emülsiyon sisteminin uygulandığı birçok büyük atölyelerde emülsiyon hem kesme hem taşılama işlemlerinde kullanıldığında en kötü kesme şartlarına cevap vermek ve paslanmaya mani olmak için konsantrasyon biraz yüksek tutulur.

Ayrıca taşılama işlemleri için tam sentetik ve şeffaf emülsiyonlar da kullanılmaktadır. Tam sentetik emülsiyonlara şeffaf özellik verilebildiği için operatörün taşılama işlemi sırasında yüzeyi görebilmesi büyük bir avantajdır. Ayrıca içeriklerinde madeni yağ bulunmadığı için bakteri üremesi minimum düzeyde gerçekleşir ve banyo ömürleri de uzar.

Ağır Hizmet Emülsiyonları ise genelde yüksek viskoziteli madeni yağlar ve EP özelliğini verebilmek içinde güçlü katıklar içerirler (Gül, 2006).

8. EMÜLSİYONLARIN HAZIRLANMASI ve BAKIMI

Talaşlı imalar sektöründe sıklıkla kullanılan çözünen yağlar ve yarı sentetik metal işleme sıvıları emülsiyon oluşturan sıvılardır. Metal endüstrisinde önemli bir yere sahip olan emülsiyonların doğru kullanımı ve bakımı, işlenen malzeme, kullanılan takımlar ve tezgahlar, işgücü ve metal işleme sıvısı maliyeti açısından çok kritiktir. Bu sebeple, metal işleme sıvısının performansı üretim tesisleri açısından çok önemli bir faktördür. Kullanılan ürünün doğru seçilmeli, doğru kullanılmalı ve bakımları doğru yapılmalıdır. Aksi halde hem ekonomik hem de çevresel açıdan yaratacağı zarar çok büyük boyutlara ulaşır.

Emülsiyonu hazırlamadan önce emülsiyon tankının ve makina aksamının fiziksel ve biyolojik olarak temizlenmiş olmasından emin olunmalıdır. Gerekli miktarlardaki suyun %95'i emülsiyon tankına alınmalı, %5'i daha sonra konsantrasyon ayarlaması yapmak ve ayrı bir kaptaki ürünü karıştırmak için ayrılmalıdır. Operasyona göre tespit edilmiş konsantrasyonu elde etmek için gerekli yağ miktarı ayrı bir kaptaki mükemmel bir şekilde karıştırılarak suya ilave edilmelidir. Karıştırma sırasında yağ suya ilave edilmeli, su yağa ilave edilmemelidir. İlave sırasında karıştırma devam etmelidir. Daha kolay bir karıştırma sağlamak için su sıcaklığının 20°C civarında olmasına dikkat edilmelidir.

Yağ ilavesi tamamlandıktan sonra konsantrasyon kontrol edilmeli ve gerekirse daha önce ayrılan su ile konsantrasyon istenilen değere ayarlanmalıdır. Emülsiyonun homojenliğinden emin olmak için işleme başlamadan en az 10 dakika daha karıştırmaya devam edilmelidir. Emülsiyonun hazırlandığı tarih not edilmeli, daha sonra karşılaştırmalar yapabilmek için numune alınarak analizleri yapılmalı ve sonuçlar dosyalanmalıdır.

Makinenin tankını yeni emülsiyon ile doldurmadan önce, dikkatli bir şekilde temizlememek, dolum öncesi koşulları aynen muhafaza etmek gerekir. Yeni karışımı korumak için, makine tankını, iç yüzeylerini ve yağ kanallarını iyice temizlemek gerekmektedir.

Öncelikle tankın içindeki bütün talaşın temizlenmesi ve sızıntılara yol açan çatlakların onarılması gerekir. Daha sonra, temizleme solüsyonu sistem içinde en az 1-2 saat sirküle ettirilir ve bu şekilde sistem bakterilerden arınır. Daha sonra tankı boşaltılır ve içinde hiçbir sıvının kalmadığından emin olunarak, temiz su ile doldurulur. Yaklaşık 30dk süre ile sadece su ile devir daim ettirilir ve su boşaltılır. Buna durulama işlemi denir. Durulama işlemine su banyosunun pH'ı 7 oluncaya kadar devam edilmelidir. Bu, tekrar dolum için dengeli bir ortamın oluştuğunu gösterir. Emülsiyonlardan çalışma arasında yüksek performans ve uzun efektif ömür alabilmek için düzenli aralıklarla bakımlarının yapılması gerekmektedir [5].

8.1 Emülsiyonlarda Yapılması Gereken Analizler

8.1.1 Görünüş

Emülsiyonun görünüşü, orijinal üründen hazırlanacak emülsiyon ile karşılaştırılmalıdır. Görünüş berrak, homojen olmalı, faz ayrımı ve askıda yüzen partiküller olmamalıdır. Emülsiyonda faz ayrımı var ise bozulmuş demektir, bu durumda faz ayrımının sebebi tespit edilmeli ve emülsiyon acilen değiştirilmelidir.

8.1.2 Yabancı Yağ

Sisteme kızak yağlarından veya herhangi bir sebepten karışan başka yağlar yabancı yağ olarak bilinir. Yabancı yağ oranı sistemde %3'ü geçmemelidir. Aksi halde;

- Emülsiyon üzerinde birikerek, emülsiyonun hava alamamasına ve dolayısı ile emülsiyonda anaerobik bakteri üremesine sebep olur.
- Kesme bölgesinde duman oluşur.
- Emülsiyonun stabilitesi bozulur.
- Emülsiyonun deterjan özelliği azalır.
- Emülsiyonun yağlayıcılık ve soğutuculuk özellikleri azalır.
- Emülsiyonla sistemde dolaşarak makina aksamı ve işlenen parçalarda yapışkan bakiyeler bırakır.

Sistem çalışmadığı zamanlarda emülsiyon üzerinde birikecek olan yabancı yağların sıyrılarak alınması yukarıda sayılan zararlı etkileri ortadan kaldırmak bakımından çok önemlidir.

8.1.3 Konsantrasyon

Emülsiyonların kullanıldığı operasyonlara göre ideal kullanım konsantrasyonları vardır ve maksimum performans bu aralıklarda elde edilir. Bu aralıkların dışına çıkıldığı durumlarda problemler çıkar. Bu nedenle konsantrasyon günlük olarak kontrol edilmelidir. Günlük konsantrasyon testleri kolayca refraktometre kullanılarak yapılabilir. Öte yandan emülsiyonlar kullanıldıkça yabancı maddelerle kontamine olurlar ve bu refraktometre okumasında sapmalara neden olabilir. Bu nedenle en az ayda bir konsantrasyon testi asitle ayırıştırma metodu ile yapılmalıdır. .

Konsantrasyon yüksek ise ;

- Parça yüzeyinde ve tezgâhta yapışkan depozitler oluşur.
- Kesme bölgesinde duman olur.
- Operatör ellerinde tahriş problemleri olabilir. (Özellikle sentetik ürünlerde)

Konsantrasyon düşük ise ;

- Parçalarda ve tezgahta paslanma problemleri görülebilir.
- Yağlayıcılık azalacağından kesici takımların uçlarını bileme süresi kısılır, istenilen kalitede yüzey düzgünlüğü elde edilemez.
- Emülsiyonun bakteri üremesine karşı koruyuculuğu daha az olur.

Markası ve çeşidi her ne olursa olsun, soğutma sıvıları belirli bir konsantrasyon aralığında çalışmak üzere formüle edilmişlerdir. Verilen aralıkların dışına çıkılması durumunda, problem yaşamak kaçınılmazdır.

Eğer soğutma sıvısı konsantrasyonun çok altında kullanılırsa, soğutma sıvısının performansını vermesi için gerekli katıkların oranı düşük kalır, kalıpların kırılmasına ve kötü yüzey kalitesine sahip parça üretimine neden olunur.

8.1.4 Bakteri

Sistemde bakteri üremişse kokuşma olur. Bakteri üremesi 107 adet/ml. değerinden sonra kokuşmaya neden olur. Kokuşma fark edilince bakteri testi yapılmalı, bakteri varsa sisteme bakteri öldürücü eklenmelidir. Günümüzde ileri teknoloji ile formüle edilmiş yarı sentetik ürünlerde eskisi kadar önemli kokuşma problemleri yaşanmaz. Sistemde bakteri üremesinin ve dolayısıyla kokuşmanın önüne geçmek için emülsiyona düzenli aralıklarla biosit adı verilen katıklar ilave edilmelidir.

Bakteri üremesi emülsiyondaki pas önleyici ve emülsiyon yapıcı katıkların etkisini azaltır, pas problemlerine ve emülsiyonun kesilmesine yol açar. Emülsiyonda bakteri varsa vakit geçirmeden biosit ilavesi yapılmalıdır. Emülsiyona sürekli biosit ilavesi de sistemde mantar üremesine uygun ortam oluşturur. Sürekli ilave yapıldığı durumlarda mantar üremesine karşı da bir koruyucu kullanılmalıdır.

8.1.5 Pas

Pas testi, demir talaşlarının %5'lik emülsiyonla emdirilip 22 - 25⁰C'de 48 saat bekletildikten sonra kontrolü ile gerçekleştirilir. Paslanma var ise sebebi;

- Konsantrasyon düşük olabilir.
- İnorganik tuzların varlığı (iletkenliğin yüksekliği) pasa sebep olabilir.
- Emülsiyonda aşırı klorlu su kullanılmış olabilir.
- Emülsiyonda bakteri üremiş olabilir.

- Emülsiyon efektif ömrünü tamamlamış ve emülsiyonlarda ayrışmalar başlamış olabilir.

Emülsiyon pasa sebep oluyorsa acilen değiştirilmelidir. Aksi takdirde makina aksamında ve işlenen parçalarda düzeltilmesi imkânsız pas problemleri yaşanabilir.

8.1.6 Köpürme

Köpürme testi laboratuarda özel olarak hazırlanmış belirli sertlikteki sularla hazırlanan emülsiyonların köpürme eğilimlerinin ölçülmesi şeklinde yapılır.

Köpürme sebepleri;

- Emülsiyonda kullanılan suyun çok yumuşak olması.
- Sistemin aşırı basınç altında çalışması.
- Sisteme tezgahı temizlemede kullanılan deterjanların karışması.
- Emülsiyon tankına geri dönen emülsiyonun tanka yüksekten dökülmesi.

Aşırı köpürme kesme bölgesine yeterli miktarda sıvının ulaşmasına engel olabilir ve dolayısıyla yağlayıcılık azalır. Köpürme problemleri yaşandığında köpük söndürücü ilavesi yapılmalı ve köpüğün kaynağı tespit edilerek ortadan kaldırılmalıdır.

8.1.7 İletkenlik

İletkenlik çok basit bir şekilde taşınabilir tipleri de olan iletkenlik ölçme aletleri ile ölçülebilir. Emülsiyonlarda problemsiz efektif çalışma için maksimum iletkenlik değeri 6000-7000 mikrosiemens/cm'dir. Bu değerlerden sonra emülsiyonda değişik problemler görülebilir;

- Emülsiyonun stabilitesi bozulur.
- Bir kısım yağ emülsiyondan ayrılabilir, kremalaşmalar olur ve emülsiyon sistemde sirküle edildikçe makine aksamında ve işlenen parçalarda yapışkan bakiyeler bırakabilir.
- Emülsiyon pas problemlerine yol açar.

Emülsiyonun iletkenliği direkt olarak kullanılan suyun iletkenliği ile ilgilidir. Kullanılan suyun iletkenliği yüksek ise emülsiyonun iletkenliği de çok yüksek olur ve yine ilaveleri bu suyla yapılan emülsiyonun iletkenliği de çok kısa bir sürede artar ve emülsiyon efektif ömrünü normalden çok daha kısa sürede tamamlar. Güvenli ve problemsiz bir çalışma için iletkenlik değeri 7000 mikrosiemens/cm değerini geçtiğinde emülsiyon değiştirilmelidir.

8.1.8 pH

pH, solüsyonun içerisinde bulunan hidrojen iyonu miktarını bize verir. pH 0-6 arasında ise solüsyon asidik, 8-14 arasında ise baziktir. pH 7 olduğunda solüsyon nötrdür.

Soğutma sıvıları belirli pH aralıklarında çalışmak üzere dizayn edilmiştir. Bu aralık genellikle pH 8-9,5 arasındadır. Bu aralığın dışında, soğutma sıvısı düzgün çalışmaz. pH kontrolünün kaybedilmesinin 1 numaralı nedeni soğutma sıvısının içerisinde düzenleyicilerin eksik olmasıdır. Ürün imalat bültenlerinde veya MSDS'lerinde (Materials Safety Data Sheet / Malzeme Güvenlik Bilgi Formu) soğutma sıvısının olması gereken pH aralığı verilmiştir.

Solüsyonun pH değeri, çalışılması gereken değerlerin altına veya üstüne çıktığı zaman, bu çok ciddi bir problemi işaret eder ve hiç zaman kaybedilmeden önlemler alınmalıdır. Soğutma sıvısının pH'ını, verilmiş olan aralığın hep en üst seviyesine yakın bir yerde tutmak pratikte en iyisidir. Bu şekilde pas ve korozyona karşı daha dayanıklı ve yabancı yağı defeden bir soğutma sıvısı performansı elde edilir. Ancak pH 10'u geçirmemeye özen gösterilmelidir çünkü bu değer üzerinde alkalinite değerleri, sağlık problemlerine yol açabilmektedir.

Düşük pH değeri bize iki durumu işaret eder:

- 1- Konsantrasyon çok düşüktür
- 2- Bakteri oluşumu başlamıştır.

Her iki problem de, zamanında önlem alındığında, giderilebilecek problemlerdir. Eğer hiçbir önlem alınmadan çalışılmaya devam edilirse, bakteri balçığı oluşur, yabancı yağın toplanması zorlaşır ve yağ kanallarının tıkanmasına neden olur. Makine aksamalarında paslanmalar ve çalışanlarda cilt problemleri ortaya çıkar.

Soğutma sıvısının pH'ı haftada en az 3 kere ölçülmelidir. Piyasada litmus kâğıdı kullanarak pH ölçümü yaygındır. Çünkü kâğıtla ölçüm yapmak çok kolay ve ekonomiktir. Ancak kâğıtların ölçüm hassasiyetleri +/- 1 pH'dır. Bu hassasiyet değeri, soğutma sıvısı pH'ları için çok düşüktür. pH değerlerinde **0,1-0,2** lik değişim tespiti yapıldığında, önlem almak daha doğru olur.

pH ölçümünde en doğru sonucu veren cihazlar, dijital pH test cihazlarıdır. Bunların hassasiyetleri en az +/-0,1 olup, bu da pH kâğıdına göre 10 kat daha fazla hassasiyeti gösterir. Bu şekilde ölçülen pH değerleri, değişimleri tespit etmeye ve önlem almaya olanak tanır.

8.2 Emülsiyon / Çözelti Hazırlamada Kullanılacak Sularda Aranacak Özellikler

Mineral yağ bazlı ve yarı sentetik ürünler suyla emülsiyon, tam sentetik ürünler ise suyla

solüsyon oluşturlar. Gerek yağ bazlı olanlar ve gerekse sentetik olanlar ortalama % 5 (% 3-8) konsantrasyonlarda kullanılırlar. Bunun anlamı 100 kg'lık bir emülsiyon / solüsyonda 5 kg metal işleme sıvısı ve 95 kg su var demektir. Dolayısı ile emülsiyonla problemsiz çalışmak ve emülsiyondan uzun efektif ömür elde edebilmek için emülsiyona katılacak suyun çok büyük bir titizlikle seçilmesi gerekmektedir. Genellikle sanayide bu tip uygulamalarda kullanılacak suyun iletkenlik, toplam sertlik ve pH değerlerinin belli limitler içinde olması gerekmektedir.

8.2.1 İletkenlik Değeri

Suyun iletkenliği mikrosiemens/cm olarak ifade edilir ve suyun içinde bulunan kalsiyum, magnezyum, sülfat, klor, potasyum gibi iyonların bir ölçüsüdür. Suyun içinde bu iyonlardan ne kadar çok var ise suyun iletkenliği de o kadar yüksek olur. Su emülsiyon hazırlamada kullanıldığında, bu iyonlar suya katılan ürünün formülasyonunda bulunan pas önleyici ve emülsiyon yapıcı özelliğe sahip katıkların ve diğer katkı maddelerinin etkisini azaltır. Bu nedenle emülsiyon hazırlamada kullanılacak suda bu iyonların belli limitleri aşmaması, yani iletkenlik değerlerinin 500 mikrosiemens/cm değerinden daha yüksek olmaması gerekmektedir. Öte yandan emülsiyonların iletkenlik değerleri 6000-7000 mikrosiemens/cm değerlerine geldiğinde, emülsiyon efektif ömrünü tamamlar. Emülsiyonda kremalaşmalar ve pas problemleri gibi önemli problemler ortaya çıkar. Normal şartlarda, 500 mikrosiemens/cm gibi normal iletkenlikli bir suyla emülsiyon hazırlandığında, yeni emülsiyonun iletkenliği 1000-2000 mikrosiemens/cm seviyelerinde olur ve yine ilaveleri bu suyla yapılan emülsiyonun 6000-7000 mikrosiemens/cm iletkenlik değerine ulaşması en az 6-8 ayda olur. Öte yandan, yüksek iletkenlikli bir suyla hazırlanan bir emülsiyonun iletkenlik değeri daha başlangıçta 3000-4000 mikrosiemens/cm değerlerinde olur ve emülsiyonun 6000-7000 mikrosiemens/cm değerlerine çıkması çok kısa bir sürede olur ve emülsiyon ömrünü normalden çok daha kısa sürede tamamlar.

8.2.2 Toplam Sertlik Değeri

Suyun toplam sertliği suyun içinde bulunan kalsiyum ve magnezyum miktarının bir ifadesidir ve Fransız Sertliği cinsinden ifade edilir. Suyun içinde bulunan kalsiyum ve magnezyum gibi maddeler metal işleme sıvısında bulunan emülsiyon yapıcı katıkların etkisini azaltarak sıvının suyla emülsiyon yapmasını zorlaştırırlar. Böyle sularla hazırlanan emülsiyonlarda bir kısım yağ emülsiyondan ayrılarak emülsiyonun üst kısmına çıkar. Dolayısı ile emülsiyonun yağlayıcılık, pas önleyicilik ve soğutuculuk gibi özellikleri azalır. Aynı zamanda suda bulunan kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller bakteriler için çok iyi bir beslenme ortamı

oluşturacağından, bu gibi sularla hazırlanan emülsiyonlarda çok kısa bir süre içinde bakteri üremesi olur. Bakteri kokuşmaya sebebiyet verdiği gibi aynı zamanda emülsiyonda bulunan pas önleyici katıkların etkisini azalttığından pas problemleri gibi önemli problemler yaşanır. Bu nedenlerden dolayı emülsiyonla problemsiz çalışabilmek ve emülsiyondan uzun efektif ömür alabilmek için, emülsiyon hazırlamada kullanılacak suyun sertlik değerinin 20 Fransız Sertliğini geçmemesi gerekmektedir.

8.2.2.1 Su Sertliği Ölçümü

Su sertliği, su içerisinde çözünmüş olan minerallerin bir ölçüsüdür. Bu mineraller, direk olarak su kaynağından ve ayrıca su ile işlenen metal malzeme arasındaki reaksiyonlar sonucu gelirler.

Kalsiyum : Su kaynağı

Magnezyum : su kaynağı/işlenen metal malzeme

Demir : işlenen metal malzeme

Alüminyum : işlenen metal malzeme

Buharlaştırma sırasında su ortamı terk eder, ama su içerisindeki mineraller, tank içinde birikirler. Eğer tank içerisindeki soğutma sıvısı oranında, her gün %5 den fazla bir kayıp yaşanıyorsa, bu minerallerin birikme seviyesi, problem yaratacak ölçüde olur.

Soğutma sıvısı, saf su ile formüle edilmiştir. Ancak gerçekte, de iyonize veya destile su kullanımı çok nadirdir. Bununla birlikte, soğutma sıvısından kaynaklanan problemlerde su sertliği en az dikkat edilen husustur. Su sertliği dikkatli bir şekilde düzenli olarak ölçülüp hemen hareket edilmelidir, aksi takdirde aşağıdaki problemler yaşanabilir:

- Tank yüzeyinde oluşan mineral sabunları, yüzeydeki sızıntı yağların toplanmasını zorlaştırır.
- Makine takım yüzeylerinin içerisinde oluşan sakızımsı kalıntılar, valflerin bozulmasına sebebiyet verir. Bu sakızımsı kalıntılar toplanmaz ise, kabuk bağlarlar ve bunların da toplanması çok zordur.
- Soğutma sıvısı emülsiyonu kırılarak, kullanılmaz hale gelir.

Aşağıda, saf su kullanmanın, şehir şebeke veya kuyu suyu kullanmaya göre olan avantajları sıralanmıştır. Saf su, mineral içermez ancak daha pahalıdır. Bu aşağıda sıralanmış olan ve

saha testleri ile ispatlanmış olan avantajlar ışığında, metal işleme sıvılarının hazırlanmasında saf su kullanımı tavsiye edilmektedir.

- Daha az konsantre soğutma sıvısı kullanılarak ile daha iyi karışım elde etmeye olanak tanır.
- Islatma ve yağlama kapasitesini artırır
- Korozyonu ve sakızimsı kalıntıları azaltır.
- Bakteriye karşı çok iyi dayanım sağlar
- Filtrasyon prosesini geliştirir.

8.2.3 Klor Değeri

Sudaki klor başlı başına pas ve korozyon sebebidir. Normal su metallerde çok az korozyona sebep olurken tuzlu suda bulunan tuzun, yani sodyum klorür'ün, sulu sistemlerde iyonlarına ayrışarak Cl iyonu açığa çıkarması nedeniyle, sudaki klorün emülsiyonlarda ortaya çıkaracağı pas problemleri tahmin edilebilir. Sudaki klor miktarı 50 ppm üzerinde olduğunda ciddi korozyon problemleri yaşanır.

8.2.4 pH Değeri

Metal işleme sıvıları emülsiyon halinde problemsiz çalışmak için 8- 9.5 pH aralığında bulunmalıdır. Emülsiyonlarda bu pH değeri aralığına sahip olabilmek için emülsiyon hazırlamada kullanılan suyun pH değeri 6.5-7.5 olmalıdır.

8.3 Metal İşleme Sıvısı Bakımı

Metal işleme sıvılarının bakımının iyi yapılması gereklidir. Hem metal işleme sıvılarının birim maliyetleri, hem sıvının çalışma verimini etkilemesi nedeniyle işgücü maliyetleri, hem de atık maliyetlerini azaltmak için düzenli bakım yaparak banyo ömürlerinin arttırılması kaçınılmazdır.

8.3.1 Metal İşleme Sıvıları Kimyası

Kimya her şeyin başladığı yerdir. Metal işleme sıvıları, organik veya tam sentetik olsunlar ya da olmasınlar, birçok kimyasalın kompleks bir karışımıdır. Bu kimyasalların temel işlevi, yağın su içinde dağılmasını sağlamaktır. Bu kimyasallar ayrıca, çeliğin pasa dayanımını arttırmak, alüminyumun yüzey kalitesini bozmamak, pH ı kararlı bir halde 9-10 arasında tutmak, takım uçlarındaki aşırı ısınmadan dolayı kırılmayı engelleme özelliklerini vermek gibi özel amaçlar için kullanılmaktadırlar. Soğutma sıvısı kullanıldıkça, öncelikle kimyasal

hareketlilik terse döner. Zaman geçtikçe, bakteri oluşumundan dolayı, asitler, soğutma sıvısı sisteminin içine girmeye başlarlar. Bakteriler genellikle kullanılan sudan gelir. Bu bakımdan, havuza ekleme yapılırken, suyu direk olarak ilave etmek yerine, düşük konsantrasyonlu bir emülsiyon hazırlanarak ilave edilmelidir.

Havuzun içersinde biriken asitler HCl (hidroklorik asit) ve H₂S (hidrojen sülfid) dir. Bu asitler, sonuçta havuzun pH'ını düşürür, pasa, korozyona, kötü kokuya ve aynı zamanda deri hastalıklarına neden olur.

Emülsiyonun pH değişimlerine karşı dayanıklı olması için, genellikle CaCO₃ içerikli pH tamponlama katıkları eklenir. Kullanım sırasında, emülsiyon içinde asit birikmesi olursa, önceden konsantrasyona belirli oranlarda konulan pH tamponlama katıkları devreye girerek, bu asitleri nötralize ederler. Ancak, bu pH tamponlama katıkları, bir kere kullanıldıktan sonra, emülsiyon içinde oluşacak yeni bir asit birikiminde, işlev görmezler. Bu asitler de emülsiyonun pH'ını önemli ölçüde düşürür.

pH değerlerinin çok düşük seyretmesi, soğutma sıvısını oluşturan diğer katıkların da performansını düşürür. Bunun sonuçları olarak, anti-pas kapasitesinin düşer, bakteriler normalden çok daha hızlı gelişir ve emülsiyon kırılarak kendini oluşturan bileşenlere dönüşür. Emülsiyonun kırılması ayrıca su sertliği ile de alakalıdır, su sertliği 450ppm karbonatın üzerine çıkarsa bu durum kaçınılmazdır. Sertlik ayrıca, soğutma sıvısının aşırı köpük üretmesine sebep olur. Bu da, sızıntı yağların, soğutma sıvısının yüzeyinde toplanması zor olan gressi tabaka oluşturmaya yardımcı olur.

Soğutma sıvısının kimyasal bileşimi, ayrıca metalin işlemesi esnasında parçanın üzerinden ayrılan malzemeler tarafından da etkilenir. Metalin pozitif atomları ile soğutma sıvısının negatif atomları arasındaki iyonik aktivite, emülsiyonun zamansız bir şekilde kırılmaya başlamasına sebebiyet verir. Soğutma sıvısı içindeki metal parçacıkların miktarı ve büyüklükleri, emülsiyonu 15 dakika içinde etkileyebilir (Akkanat, 2007).

8.3.2 Metal İşleme Sıvılarının Biyolojisi

Biyoloji, her şeyin bittiği yerdir, çünkü mikro organizmalar, bütün metal işleme sıvılarının gerçek düşmanıdır. Emülsiyon içerisindeki mikro organizmalar, kendileri için uygun koşullar ve biraz zaman içinde, bir mililitrede birkaç yüz adet iken, milyonlara ulaşabilirler.

Metal işleme sıvıları, 1970'lere kadar kanserojen malzemeler içermektedir. Bu yıllarda, metal işleme sıvılarının lağım suyuna akıtılarak bertaraf edilmesi yasa dışı ilan edildi.

Bakterilerin büyük bir çoğunluğu, su kaynağı yolu ile gelir, ancak bunun yanı sıra konveyörlerden, metal tozu tutan hunilerden ve hatta tankın kendisinden de geldiği olur. Ayrıca bazen, malzemenin kendisinden veya soğutma sıvısının konulduğu varil/IBC den de gelebilir. Bakteriler yağ tabakasını yiyerek, karbon, hidrojen, nitrojen, sülfür ve fosfor tüketirler. 8 adet bakteri 12 saat içerisinde 1.032.000.000 ye üreyebilir, göz ile görünen bir bakteri kolonisindeki bakteri sayısı 2 milyardır. (Akkanat, 2007).

Üreticiler, metal işleme sıvılarını bakteri hücumuna karşı dayanıklı kılarken, insanlara da zarar vermemesini sağlamak zorundadır. Sorun, bakterileri olumsuz etkileyen kimyasalların, genellikle insan vücudu için de zararlı olmasıdır.

Birçok bakteri belli bir yerde bir araya geldiklerinde koloniler oluştururlar. Bu koloniler bir biyofilm oluşturur ve su üzerinde yüzen bu sümüksü yapının içinde varlıklarını sürdürür. Bir kere bu biyofilm oluştuğu zaman, bundan kurtulmanın tek yolu onu oradan fiziksel olarak çekip almaktır.

Biyofilmler çok yaygın yapılardır. Banyo küvetindeki birikmiş köpük, dişlerdeki tartar ve sinüslerdeki tıkanıklıkların hepsi, biyofilmlerin çeşitli formlarıdır. Liflerdeki kistler, biyofilmlerin çok tehlikeli ve ölümcül bir formudur.

Bakteriler, her zaman her yerde bulunurlar: insan derisinde, havada ve soğutma sıvısının hazırlandığı suda. Tankta bulunan emülsiyon, yüzeyinde yağ tabakası oluşturur oluşturmaz, anaerobik bakteriler çok hızlı bir şekilde gelişmeye başlarlar. Gerçekte bu bakteriler, yağı besin kaynağı olarak tüketmeyi çok severler.

Birçok firma, bakterilerle savaşta direk olarak biyositleri kullanır. Genelde biyositler bakterinin mekanizmasının içine girerek onlarla birleşirler. Bu katıklar insanlar için de tehlikeli olabilirler. Fakat bakteri bir kere biyofilm oluşturma şansı bulursa, biyosit ilavesinin bir etkisi olmaz. Bu filmin fiziksel olarak yüzeyden alınması gerekir.

Aerobik bakteriler, oksijen ve organik malzemeleri tüketirler. Anaerobik bakteriler oksijeni kullanmazlar ancak korozyon inhibitörleri ve anti emülsiyon yapıcılar gibi hidrokarbon bazlı malzemeleri tüketirler. Bakteri birikintileri, soğutma sıvısının yüzeyinde toplanmış olan yabancı yağın üzerinde görünen anaerobik bakteri kolonileridir. Gerçek yağdan farklılardır, neredeyse katı ve opaktırlar. Sadece, soğutma sıvısının ömrünün bitmesine yakın görünürler.

8.3.3 Metal İşleme Sıvılarının Mekanîği

Mekanik, metal işleme sıvısını çalıştıran ve çalışmaya devam ettiren unsurdur. Pompalar, sıvıyı borulara, oradan da çalışma parçasına gitmeye zorlarlar. Daha sonra sıvı tekrar havuza geri döner. Kanallardan, sızdırmazlık elemanlarından ve diğer kaynaklardan gelen yağlar da havuza gelir ve genel olarak da metal işleme sıvısının üzerinde birikir. Makineden gelen, metal tozları, talaş ve kir de yolunu bulur ve havuzda toplanır. Bu sızıntı yağ ve partiküllerin varlığı, soğutma sıvılarının bakımındaki çözülmesi en zor bir problemlerden biri haline gelir.

Mekanik bakım, kimyasal ve biyolojik çözümlerin kullanılmasına olanak sağlayan en temel bakımdır. Mekanik seviyede yapılan bakım ile mikroskobik seviyede gerçekleşenler arasında direk bağ vardır. Bu bağlamda, metal işleme sıvısını hareket halinde tutmak ve yabancı yağları, emülsiyon yapmış atık yağları, işleme prosesinden sonra açığa çıkan metal partikülleri ve emülsiyon havuzuna girebilecek tüm yabancı maddeleri toplamak özellikle gereklidir.

8.3.3.1 Yağ Tabakasını Temizlemek

Bu tabaka, havuzdaki emülsiyon ile hava arasında bir bariyer kurmasının yanı sıra bakterilere beslenme kaynağı sağlar. Soğutma sıvısının oksijen ile teması engellenince, anaerobik bakteriler için hızlı bir güçlenme ortamı sağlanır. Bu çeşit bakteriler, soğutma sıvısının içinde bulunan her türlü kimyasal bileşimden daha tehlikelidir. Yağ, bakterilerin gıda kaynağı gibi davranır ve neticesinde emülsiyon yüzeyinde bir deri gibi kaplanan biyofilm oluşur. Biyofilmlerin temizlenmesi zordur ve bir kere oluşurlarsa bütün makineyi kirletirler.

Yüzeye çıkan yabancı yağları en kolay temizleme metodu, çeşitli mekanik toplayıcılar kullanmaktır. Bu mekanik toplayıcılar, emülsiyon tankının üstüne takılır, yabancı yağ tabakasını disk, boru veya kemer vasıtasıyla toplar ve bunu toplama tankına aktarır. Bu cihazlardan bazıları, küçük ayırıştırma tankı ile birlikte kullanılır ve bu şekilde kullanılan soğutma sıvısı emülsiyonunun içerisindeki mineral yağı da ayırarak, kayıpları en aza indirir. Bunların dışında toplayıcı-ayırıştırıcı-temizleyici sistemler de bulunmaktadır. Kullanılan emülsiyonu tank yüzeyinden topladıktan sonra içerisindeki yabancı yağı, metal partikülleri ayırır, yağı temizler ve temiz yağı sisteme tekrar ilave eder. Bunlardan bazıları, havalandırıcı cihazlarla birlikte kullanılır ve yüzen bazı partikülleri de temizler.

- Yabancı yağ oranı sistemde %3'ü geçmemelidir. Aksi halde;
- Emülsiyon üzerinde birikerek, emülsiyonun hava alamamasına ve dolayısı ile emülsiyonda anaerobik bakteri üremesine ve dolayısıyla kokuşmalara neden olur.
- Kesme bölgesinde duman oluşur.

- Emülsiyonun stabilitesi bozulur.
- Emülsiyonun deterjan özelliği azalır.
- Emülsiyonun yağlayıcılık ve soğutuculuk özellikleri azalır.
- Emülsiyonla sistemde dolaşarak makina aksamı ve işlenen parçalarda yapışkan bakiyeler bırakır.

Sistemin çalışmadığı zamanlarda emülsiyon üzerinde birikecek olan yabancı yağların sıyrılarak alınması yukarıda sayılan zararlı etkileri ortadan kaldırmak bakımından çok önemlidir.

8.3.3.2 Sıvıları Hareketli Tutmak

Kullanılan emülsiyonu sirküle etmek, en az diğer mekanik metotlar kadar önemlidir. Bu sayede sistemin içine oksijen girmesi sağlanır. Yağ, yüzeyde durgun halde kaldığında, bakterisel biyofilm oluşumuna katkıda bulunur. Bu sirkülasyonun yapılmasının gerekliliği, akvaryumların nasıl çalıştığı ve sirkülasyon yapılmadığında akvaryumların ne kadar bulanık görüldüğü örnekleri ile açıklanabilir.

Soğutma sıvısını devamlı devir daim ettirmek, bazı şartlarda, mümkün görünmeyebilir. Bunun yerine, emülsiyon tankına takılacak küçük bir santrifüj pompası ile emülsiyon durağanlıktan kurtarılabilir. Eğer tank bölümlü ise, bütün bölümler ayrıca karıştırılmalıdır. Eğer emülsiyon tankı 230lt den küçük ise, küçük havalandırıcılar da bu şekilde kullanılabilir. Unutulmaması gereken diğer bir konu ise, hatlarda kalan emülsiyonun da aynı şekilde bakterilerden etkilenmesidir. Makinenin içerisindeki emülsiyon boşaltılırken, temizlenirken ve tekrar dolum yapılırken, bu hatlar genellikle gözden kaçırılır ve bakteri kirliliğinin sistemin içindeki varlığı devam eder.

Soğutma sıvısı ile su daima doğru ekipman kullanılarak karıştırılmalıdır. Doğru ekipmanın kullanılması ile homojen bir karışım elde edilir ve soğutma sıvısı istenilen konsantrasyonda kullanılabilir. Homojen karışmış ve doğru konsantrasyonda kullanılan soğutma sıvısı makine ekipmanları, parçaları ve kalıplarında iyi sonuçlar verir.

Pazartesi sabahları, makineler tekrar çalıştırıldığında, pis bir kokunun yayıldığı ve hatta makinenin üzerinde yeşil bir duman olduğu görülebilir. Bu kokuya “pazartesi sabahı kokusu” denilmektedir. Bu duman, bakterilerin ve onların oluşturdukları atık yapının bir ürünüdür. Bakteriler ürediklerinde ve etkilerini göstermeye başladıklarında, koku daha sık ortaya çıkar ve daha kalıcı olur. Daha ileri aşamalarda, deri ile temas ettiğinde alerjik etki gösterir ve hatta enfeksiyonlara bile yol açabilir. En son aşamada ise soğutma sıvısı kimyasal olarak iyice kötüye gider ve pası kontrol etme kabiliyeti yok olur ve hatta ayrışmalar başlar.

Bakteri istilasını önlemek için sıvıyı devamlı hareket halde bulundurmak gerekir. Aksi halde, aynen insan dolaşım sistemindeki gibi; soğutma sıvısı (kan) balçığa (pıhtıya) dönüşür. Sıvı devamlı devir daim ettirildiğinde oksijen seviyesi yüksek olacağından, tehlikeli bakteriler üremezler. 400lt hacimden küçük tanklarda, havalandırma cihazları bu işi yapmaya yeterlidir. 400lt üzerindeki tanklarda ise, santrifüjlü pompalar tavsiye edilir. Bu cihazları, makinenin çalışıp çalışmadığına bakmaksızın, devamlı çalışır vaziyette tutmak gerekmektedir. (Akkanat, 2007).

8.3.3.3 Parçacıkları Toplamak

Yüzen veya dibe çökmüş halde bulunan metal parçacıkları toplanmalıdır. Bu şekilde, bu parçacıkların sıvının içindeki kimyasal bileşikler ile birbirini etkilemesinin önüne geçilir ve sıvının zamanından önce bozulması engellenmiş olur. Büyük çoğunluktaki malzeme bekleme sırasında dibe çöker. Operasyon sırasında bir konveyör de kullanılırsa bu parçacıklar toplanabilir. Ancak, bu parçacıklar, sıvı ile her türlü etkileşime girerler. Kürek veya endüstriyel vakum kullanılarak büyük kütleli ve dibe çökmüş olan metal tanecikleri toplanabilir. Diğer metal taneciklerini toplamak için ise düzenli olarak genel filtrasyon sistemi kullanılmalıdır. Yüzer halde bulunan bazı metal tanecikleri, özel ekipmanlarla toplanabilir ve filtrelenebilir, ancak 5-25 mikron mertebesindeki çok ince taneler ancak yağ ayrıştırıldıktan sonra toplanabilir.

Metal talaşları, soğutma sıvısının özelliklerini bozmada büyük rol oynarlar. Metal talaşı içerisindeki metallerin pozitif iyonları ile soğutma sıvısının bileşenlerindeki negatif iyonlar, birbiri arasında etkileşime geçerek zamanından önce hataların oluşmasına neden olur. Soğutma sıvısı, kendisini oluşturan bileşenlere ayrışıp, makine kalıplarının yağlanması engelleyebilir. Çizelge 8.1 metal talaşlarının emülsiyona yaptığı olumsuz etkiyi, malzeme çeşidine göre nasıl değiştiğini göstermektedir.

Çizelge 8.1 Malzeme cinsine göre metal talaşının emülsiyona etkisi (Akkanat, 2007).

Çok Yıkıcı Etki	
	• Dökme
	• Demir
	• Alüminyum
	• Magnezyum
	• AISI/SAR 1020, 4140, 8620
	• Pirinç
	• Kurşun
	• Bakır
	• Ultra-alaşımalar
	• Paslanmaz Çelik
Az Yıkıcı Etki	

Metalin cinsi ve talaş boyutu ile soğutma sıvısının hacmi arasındaki oran, bozulmanın ne hızda gerçekleşeceği hakkında bize bilgi verir. Bazı taşlama operasyonlarında, kullanılan soğutma sıvıları 15 dakikalık bir sürede ayrışabilir. Çizelge 8.2 hangi operasyonlara daha çok dikkat edilmesi gerektiğini belirtmektedir.

Çizelge 8.2 İşlem cinsine göre metal talaşının emülsiyona etkisi (Akkanat, 2007).

Çok Yıkıcı Etki	
	• Taşlama
	• Parlatma
	• Bilyalı taşlama
	• Testere
	• CBN Taşlama
	• Freze
	• Tek noktadan tornalama
Az Yıkıcı Etki	

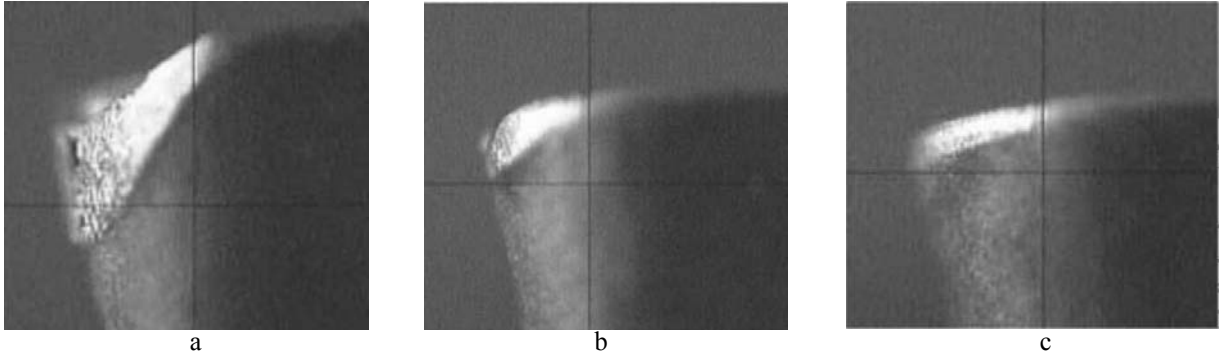
Genelde, işlediğiniz malzeme kadar, işleme esnasında oluşan talaş boyutu da, soğutma sıvısını etkiler. Oluşan bu talaşları toplamak, soğutma sıvısının ömrünü uzattığı gibi, işlenen parçaların yüzey kalitesini de artırır. Yani, mümkün olduğu kadar fazla talaş toplamak çok önemlidir. Büyük talaşlar konveyör ile, küçük talaşlar ise filtrasyon sistemiyle toplanmalı ve böylece işlenen malzemenin yüzey kalitesi korunmalıdır.

9. METAL İŞLEME SIVILARININ SEÇİMİ

Metal işleme sıvılarından maksimum verim almak için, bütün şartlar göz önünde tutularak en doğru şekilde seçim yapılması gerekmektedir. Şartlara uygun seçilmemiş bir sıvının, kendinden beklenen görevi tam yapması düşünülmez. Bu yüzden seçimde gereken önemi göstermek ve en uygun metal işleme sıvısını seçmek zorunludur. Metal işleme sıvısının seçimi pek çok faktörlere bağlı olmakla beraber, seçimde temel prensip, yapılacak işlemin bütün şartlarını inceleyerek, olası sorunları tespit etmek ve bu sorunları ortadan kaldırmak için, mevcut metal işleme sıvılarının bütün özelliklerini göz önüne alarak, ekonomik bir şekilde en uygun sıvıyı seçmektir (Gül, 2006).

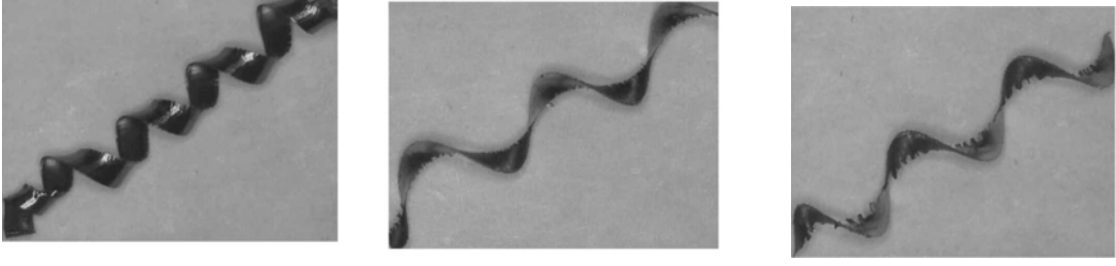
Metal işleme şartları ve bu sırada gerçekleşen olaylar çok kompleks olduğu için, bazen uygun olduğu düşünülen metal işleme sıvısı tam randıman vermeyebilir. Bu durumda, olması muhtemel olayları da göz önüne alarak seçilmiş birkaç metal işleme sıvısından birine, yapılan denemeler sonunda karar verilebilir.

Şekil 9.1 'de bir malzemeye aynı hız ve basınçta fakat kuru, konvansiyonel ve basınçlı yağlama kullanılarak freze işlemi uygulanması sonrasında aynı cins kesici uçlarda oluşan aşınmalar görülmektedir. Kesici uç, yağlamanın en az olduğu kuru işlemede en çok hasara uğrarken, yağlayıcılığı arttırmak için deneysel olarak uygulanmış basınçlı yağlama kullanılan işlemede en az hasara uğramıştır (Kumar vd, 2002).



Şekil 9.1 40 HRC ASSAB 718 çeliğinin (a) Kuru (b) Konvansiyonel Yağlama ile (c) Basınçlı Yağlama ile 3.19 dk işlenmesi sonrasında A30N tungsten karbür uçtaki aşınmalar (Kumar vd, 2002).

Şekil 9.2'de görüleceği gibi işlem sırasında oluşan talaş şekillerine göre, yağlayıcılığın etkisi hakkında bir fikir sahibi olmak mümkündür.



Şekil 9.2 35 HRC ASSAB 718 çeliğinin Kuru, Konvansiyonel ve Basınçlı Yağlama ile kesilmesiyle oluşan talaş şekilleri (Kumar vd, 2002).

9.1 Önseçim Koşulları

Metal işleme sıvılarının seçiminde, sıvı özellikleri ve tezgâhın işleme şartlarına göre bir ön seçim yapmak uygun olur.

Genel olarak talaşlı şekillendirmede, önemli ölçüde ısının açığa çıktığı işlemlerde emülsiyon halinde bir metal işleme sıvısı kullanmak uygun olur. Bu noktada, klasik bor yağlarına yani çözünür yağlara rakip olarak özellikle yarı sentetik emülsiyonların kullanım oranı her geçen gün artmaktadır. Yarı sentetik metal işleme sıvıları çok yüksek soğutma yeteneklerinin yanı sıra, içerdikleri mineral yağ, ester ve diğer katıkların oranları doğru ayarlanarak istenen yağlayıcılık özelliğini de bünyelerinde barındırabilirler. Uzun banyo ömürleri ve takım ömrüne yaptıkları olumlu katkı, yarı sentetik emülsiyonları metal işleme pazarında ön plana çıkarmıştır.

Öte yandan, taşlama işlemlerinde ise tam sentetik metal işleme sıvılarının kullanımında büyük bir artış yaşanmaktadır. Çok yüksek soğutma yetenekleri, mineral yağ içermedikleri için şeffaf görünüşleri sayesinde operatörün yüzeyi sürekli gözlemleyebilmesi ve yeterli düzeyde korozyon önleyici özellikleri sayesinde tam sentetik metal işleme sıvıları bu alanda yoğun olarak kullanılmaktadır.

Tüm bunlara karşın, yağlayıcılık gereksiniminin soğutmadan önce geldiği, düşük kesme hızları ile çalışılması gereken ağır işlemlerde ise, mükemmel yağlayıcı özelliklerinden dolayı saf yağların kullanımı sürmektedir.

Çizelge 9.1 'de saf ve su içerikli metal işleme sıvılarının özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 9.1 Metal işleme sıvılarının temel özelliklerinin karşılaştırılması (Gül, 2006).

Özellik	Saf Yağlar	Emülsiyon ve Solüsyonlar
Soğutma	Orta	Çok iyi
Yağlayıcılık	Çok iyi	Orta
Korozyon Koruması	Orta	Çok İyi
Bakteri Dayanımı	Düşük	Çok iyi

Metal işleme sıvısından beklenen en önemli fonksiyon tespit edildikten sonra en uygun sonucu verecek sıvının bu iki grup içinden seçilmesinde dikkate alınması gereken en önemli kriterler şunlardır;

- a — Kullanılan kesici takımın cinsi,
- c — işlenen malzemenin cinsi,
- d — Talaş kaldırma şekilleri.

Bu üç faktöre de uygun olan bir metal işleme sıvısı seçilmelidir (Gül, 2006).

Çizelge 9.2 'de Potenza ve Quaker Metal İşleme Sıvıları'na ait ürün seçim tablosu örnek olarak sunulmuştur. Ürünlerdeki mineral yağ oranları ve tavsiye edildikleri işlemler dikkate alındığında, işlemin zorluğuna bağlı olarak kullanılması gereken mineral yağ ve ester oranlarının arttığı görülebilir. Taşlama işlemi için ise mineral yağ içermeyen tam sentetik ürün tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte emülsiyonların içerdiği ilave katıklar nedeniyle, işlenecek malzemenin cinsine göre tavsiye edilen ürünler de değişiklik göstermektedir.

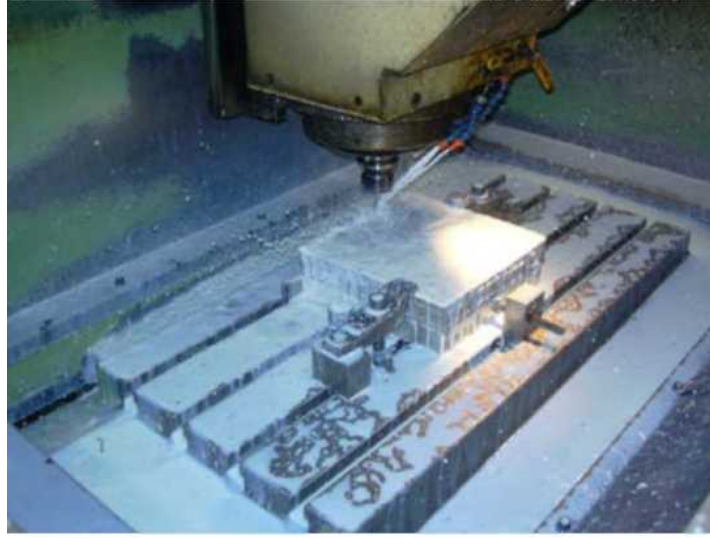
Çizelge 9.2 Soğutma Sıvıları Seçim Tablosu [1].

[illegible]

10. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deney çalışmasında, 3 farklı metal işleme sıvısının alüminyum işleme performansları karşılaştırılmıştır.

AA 319 (LM4 –B.S) standardındaki alüminyum bloğa, Mori-Seki MV Junior İşlem Tezgâhında, MTE marka 341 HSS model delme ve 212 HSS model rayba takım uçları, Quakercool 7101, Quakercool 7100 HD ve Castrol Alusol XT metal işleme sıvıları kullanılarak 11,8 mm çapında delik açılmak üzere delme ve çapı 12 mm'e arttırma amacıyla raybalama işlemleri yapılmıştır. Her işlemde tüm parametreler aynı tutulmuş, sadece metal işleme sıvıları değiştirilmiştir. Her metal işleme sıvısı ile 100 delik açılmış ve raybalanmıştır.



Şekil 10.1 Raybalama Öncesi delme İşlemi



Şekil 10.2 Delme ve raybalama işlemi yapılan alüminyum blok

Tüm metal işleme sıvıları 70ppm sertlikte suyla hazırlanan % 8 (± 1) konsantrasyonunda emülsiyonlar halinde ve 20 lt/dk debiyle kullanılmıştır. Her işlem için takım dönüş ve işlem hızları kontrol altında tutulmuştur. İşlemler sırasında dijital olarak tork ölçümleri yapılmış, deney sonrasında ise işlem yapılan bölgelerin yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 10.1 'de deneyde kullanılan metal işleme sıvılarının içerdiği madeni yağ oranları görülmektedir.

Çizelge 10.1 Deneyde kullanılan metal işleme sıvılarının madeni yağ içerikleri.

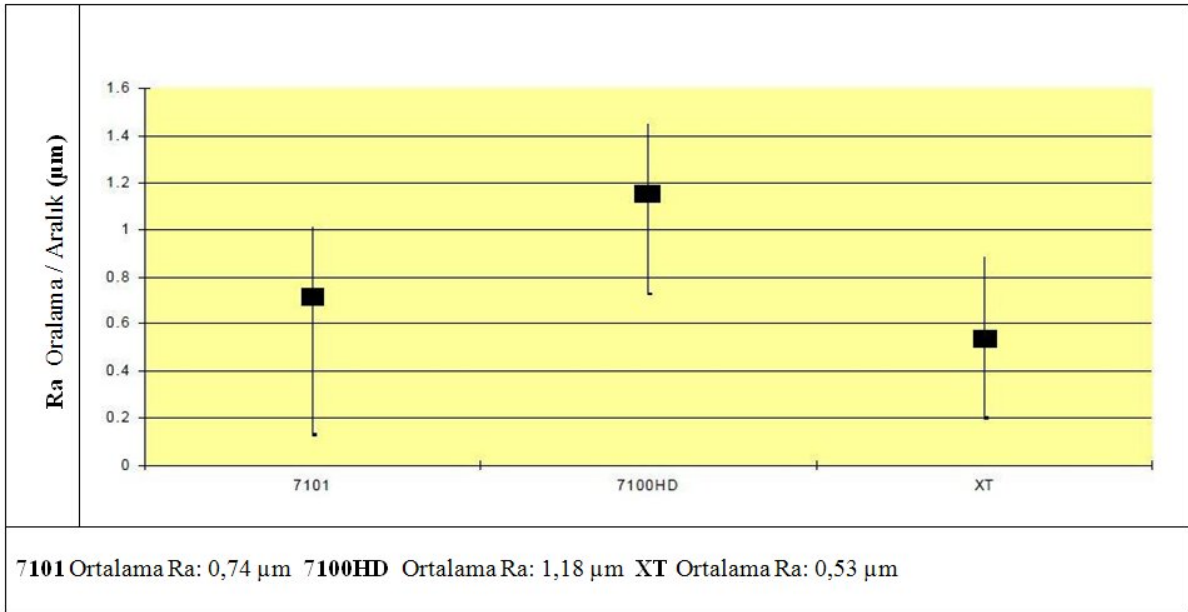
Ürün	Mineral Yağ Oranı (% ağı)
Quakercool 7101	51
Quakercool 7100 HD	18
Castrol Alusol XT	50

Çizelge 10.2 'de işlem hızları ve takım uçlarının dönme hızları verilmiştir.

Çizelge 10.2 Deneyde uygulanan işlem hızları ve takım uçlarının dönme hızları

Ürün	İşlem Hızı (mm/dk)		Takım Dönme Hızı (dev/dk)	
	Delme	Raybalama	Delme	Raybalama
Quakercool 7101	288	240	1600	1100
Quakercool 7100 HD	288	240	1600	1100
Castrol Alusol XT	288	240	1600	1100

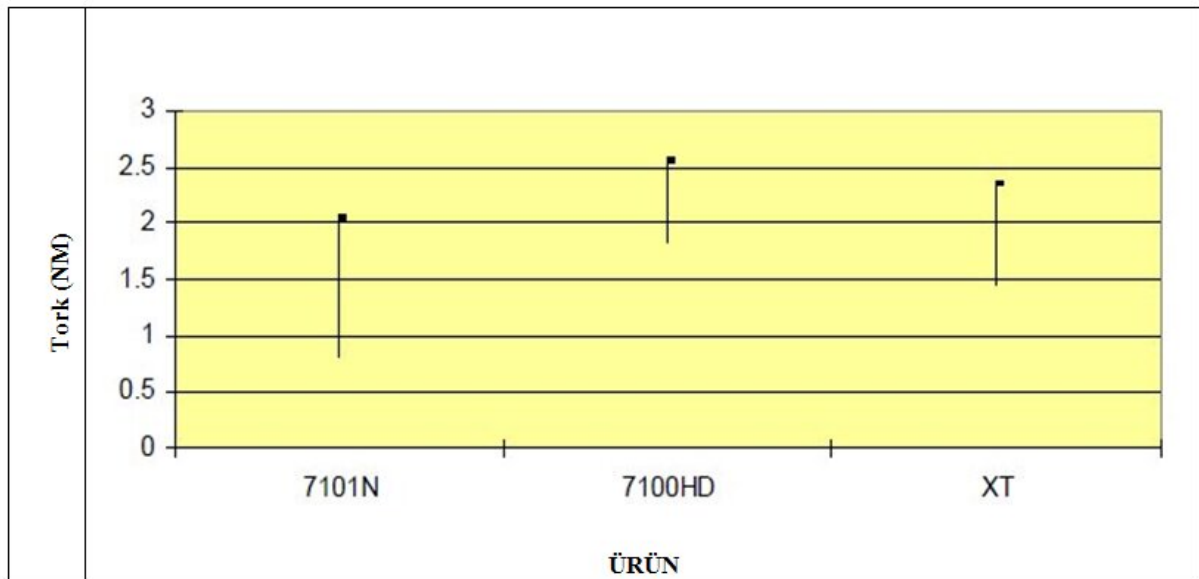
Farklı metal işleme sıvıları kullanılarak yapılan işlemlerden sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 10.3 'de verilmiştir.



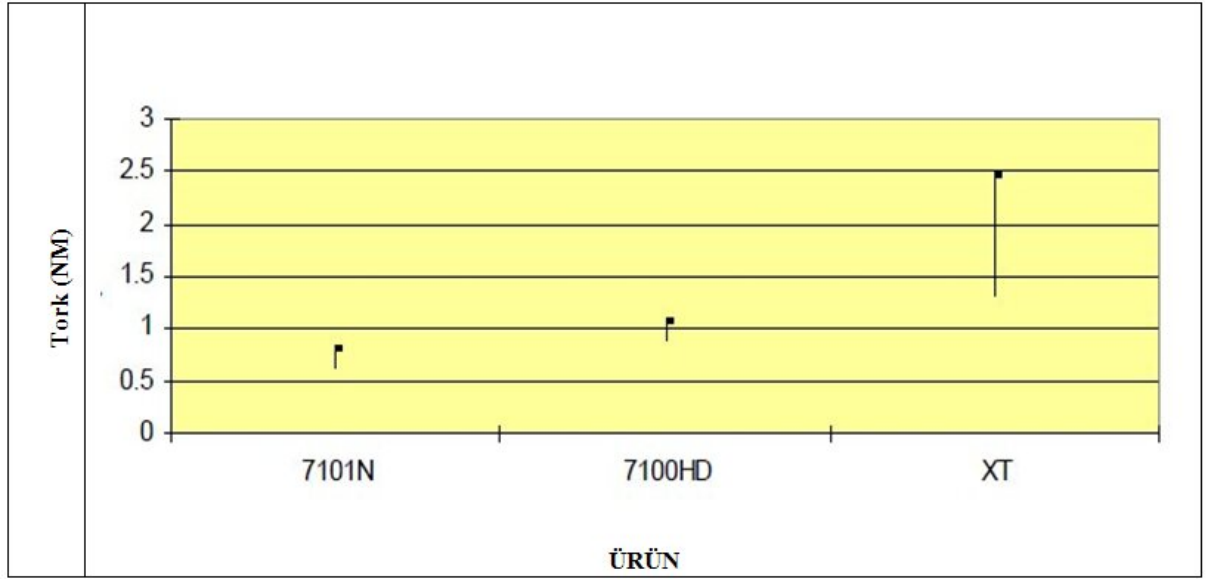
Şekil 10.3 Farklı metal işleme sıvıları kullanılarak yapılan delme ve raybalama işleminden sonra elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Tablo 2 değerlerinden de anlaşılacağı üzere, düşük mineral yağ oranına sahip olan metal işleme sıvısı kullanılarak yapılan delme ve raybalama işlemi sonrasında elde edilen yüzey pürüzlülüğü, yüksek mineral yağ içeren ürünlere nazaran daha fazladır.

Delme işleminde ölçülen tork değerleri Şekil 10.4 'de ve raybalama işleminde ölçülen tork değerleri Şekil 10.5'de verilmiştir.



Şekil 10.4 Farklı metal işleme sıvıları kullanılarak yapılan delme işlemi sırasında takım uçlarında ölçülen dönme momenti değerleri.



Şekil 10.5 Farklı metal işleme sıvıları kullanılarak yapılan raybalama işlemi sırasında takım uçlarında ölçülen dönme momenti değerleri.

10.1 Deney Sonuçları

Tork, yani dönme momenti değeri, motorun harcadığı enerjinin, takımın dönme hızına oranı olarak ifade edilebilir. Her işlemde takım dönme hızları sabit tutulduğu için, ölçülen tork ne kadar yüksek ise, işlem sırasında oluşan zorlanma ve harcanan enerji de o kadar fazla olacaktır. Aynı devirde dönen iki motorda tork'u daha büyük olan, takım ucuna daha fazla kuvvet uygulamış ve daha fazla enerji tüketmiştir. Bu bağlamda, delme işleminde mineral yağ oranı en düşük olan metal işleme sıvısı kullanılırken enerji tüketimi maksimuma çıkmış, işlenen malzemenin takım ucuna gösterdiği mukavemet görece yüksek olmuş ve dolayısıyla takım daha fazla mekanik zorlanmaya uğramıştır. Böylelikle, düşük mineral yağ içeren metal işleme sıvısı ile işlem yapıldığında, görece kalitesiz yüzey özelliği elde edilmesinin yanı sıra, takım ömrünün de görece daha kısa olacağı sonucuna varmak mümkündür.

Delme işlemine göre daha düşük miktarda talaş kaldırma prensibine dayanan raybalama işleminde ise, mineral yağ oranı ile enerji tüketimi ve takımın mekanik açıdan zorlanması arasında doğrudan bir ilişki saptanamamıştır. Bunun muhtemel sebebi, ürünler içerisinde bulunan ve içerikleri ticari sır olduğu için detaylı analiz ve yorumu yapılamayan kimyasal katkı maddelerinin varlığıdır.

Yüzey pürüzlülük sonuçları incelendiğinde ise, düşük mineral yağ oranına sahip metal işleme sıvısının kullanıldığı işlemde en kötü yüzey pürüzlülüğü elde edildiği görülmektedir. Mineral yağ oranı azlığı ve dolayısıyla sürtünme kuvvetlerinin görece yüksekliği, talaş kaldırma ve

kesme işlemleri sonrasında oluşan yüzeyin daha pürüzlü olmasına sebep olmuştur. Dönme momenti ve yüzey pürüzlülüğü sonuçları, delme işleminde mineral yağ oranının artması ile işlemin görece daha kolay ve daha iyi yüzey sonuçları elde edilerek yapılabildiğini ve takım ömürlerinin arttığını göstermektedir.

11. METAL İŞLEME SIVILARININ İŞ PARÇASI YÜZEYİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Talaşlı veya talaşsız imalat işlemleri sırasında kullanılan metal işleme sıvılarının yüksek kaliteli, hatasız ve etkin üretim açısından büyük önemi vardır. Bu maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, imalat prosesi sırasında ortaya çıkan ısı ve mekanik nedenli hasarların azalması veya önlenmesini sağlar. Temel hedef olarak optimal çalışma sonucu elde etmek açısından bakıldığında, soğutma ve yağlama maddeleri doğru kullanıldıkları takdirde, bir yandan iş parçasının boyutları ve biçiminde yüksek hassasiyet ve daha iyi yüzey kalitesi sağlarken, öte yandan takımlar için daha uzun kullanım ömrünü güvenceye alırlar.

Çok farklı ve çeşitli talaş kaldırma işlemlerini gereğine uygun olarak son yıllarda farklı amaç ve uygulama koşullarına yönelik bir dizi soğutma/yağlama maddesi geliştirilmiştir. Sert tornalama gibi soğutma/yağlama maddesi kullanılmadan gerçekleştirilen talaş alma işlemlerinin geliştirilmesini amaçlayan olumlu ve umut verici çalışmalara rağmen, metal işleme sıvılarının çeşidi ve kullanım miktarı sürekli olarak artmaktadır ve bu maddeler imalat alanında gelecekte de önemli rol oynayacaklardır.

Metalden talaş kaldırarak yapılan imalat, iş parçasının yüzey kalitesi, ölçü ve biçim hassaslığında istenen şartlar çok üst düzeydedir. Bu şartlara minimum maliyetle erişilmelidir. Talaş alma işlemi sırasında, talaş, kesici uç ve iş parçası arasındaki temas yüzeyinde meydana gelen sürtünme ve malzeme deformasyonu sonucu oldukça yüksek bir ısı ortaya çıkar. Talaş kırma ve kaldırma için kullanılan mekanik enerji bu sırada hemen hemen tümüyle ısı enerjisine dönüşür. Talaşın kaldırma noktasındaki ısı ve sürtünme süreçleri sonucu kesici takım kesme ağzında ve yanağında aşınma meydana gelir. Bu nedenle, metal işleme sırasında metal işleme sıvılarının görevi, şekillendirme ve sürtünme ısılarını atmak (soğutma) ve sürtünmeyi azaltarak sürtünme sonucu ortaya çıkan ısıyı düşürmektir (yağlama). Ayrıca kesici takımın aşınma oranı da düşer. Kesici takım aşınma oranının düşük tutulmasıyla hem parçanın yüzey kalitesi, hem de ölçüsel tamlığı(hassasiyet) artar.

11.1.Hafif İşlemlerde Yüzeye Soğurma (Adsorbsiyon) Katmanları

Herhangi bir iş parçasının üst yüzeyi hareket halindeki katı, sıvı veya gaz halindeki bir cisimle temas ettiğinde, çeşitli etki mekanizmaları sonucu iş parçası yüzeyinde gittikçe artan malzeme kayıpları ortaya çıkar. Yağlama işleminde temel ilke, bir ara katmanı oluşturularak iki cismin ayrılmasının sağlanması ve böylece iki cismin doğrudan temasının ve sürtünmesinin önlenmesidir. Talaşlı metal işleme sırasında talaş geometrisi ile yüksek sıcaklık ve basınçlar

hidrodinamik yağlamaya izin vermez. Bu nedenle sürtünen iki cismi ayıran film tabakası başka bir formda oluşturulmak zorundadır. Su karıştırılamayan kesme yağı maddeleri talaş kaldırma işlemi sırasında sürtünen iki cismin arasında, aşınmayı önleyici (Anti-Wear, AW) katkıları veya aşırı basınç (Extreme Pressure, EP) katkıları gibi kesmede-aktif maddelerin ilavesi yardımıyla, üst yüzeyde adsorbsiyon veya tepkime katmanları yaratan sağlam bir ayırıcı filmin oluşmasına olanak sağlarlar. Kesme yağı maddelerinin polar aktif katkı maddeleri, metal yüzeyindeki adsorbsiyon tabakası üzerinde birikerek yoğun bir kılıf oluşturur ve bu kılıfta yüksek kayıcı özelliğe sahip bir yağlama katmanının oluşumunu sağlayarak sürtünme ve aşınmayı büyük oranda düşürür. Polar ve genellikle AW katkıları bu prensibe göre işlev görür. Metal üst yüzeyi ile kesme yağı maddeleri arasında bir kimyasal tepkime meydana gelmez. Ancak bu AW katkıları için kesin olarak söylenemez. Adsorpsiyon tabakaları kimyasal ve mekanik olarak çok fazla kararlı değildir. Bu nedenle bu maddeler, düşük sıcaklık ve hafif talaşlı işleme alanlarında kullanılırlar.

Ağır talaşlı işleme proseslerinde, adsorpsiyon tabakası oluşturan katkı maddeleri yüksek yüzey basınçları ve sıcaklıkları nedeniyle hiç etkili değildir. EP katkı maddelerinin ilave edilmesi sayesinde karşılıklı çalışan yüzeylerin temasında yüksek bölgesel enerji yoğunluğunun ortaya çıkması ile birlikte bir tribo-kimyasal tepkime tabakası oluşur. Bu sırada katkı maddeleri veya bunların parçalanma ürünleri, sürtünme ve çevresel asidik maddelerin doğrudan etkisi altında talaş kaldırma bölgesinde tepkimeye girerler. Üst yüzey metal oksitleri ile bir koruyucu tabaka oluşur. Kesme sıvıları kapiler etki ile geometrik olarak çok sınırlı olan yağlama boşluğuna ulaşır.

İş parçası yüzeyindeki sınır tabakası böylece kimyasal tepkime yolu ile düzenlenir. Bu tabakaların hafif kesilmesi ile uygun mekanik özellikler ortaya çıkar. Tribokimyasal tepkime tabakaları ve bunların etki şeklinin oluşmasındaki safhalar için en uygun ve bilimsel temellere dayanan açıklamalar üzerindeki çalışmalar sürmektedir. Tepkime tabakasının kalınlığı, ilgili bilgilere göre, moleküler bölgede yer alır ve nanometrik boyutlardadır. Bu kalınlık iş parçası malzemesinin sertliğine ve temizliğine ve metal yapının yüzey kalitesine bağlıdır [5].

11.2.Kükürt Bileşiklerinin Metal İle Tepkimesi

Tepkime tabakasının oluşması için, temas bölgesinde basınca dayanıklı bir katkı maddesinin (EP karışımı) sınır yüzeyi aktif moleküllerinin hazır olması önemlidir. Bunlar öncelikle kükürt ve fosfat bileşikleridir. Karışım elementlerinin cins ve konsantrasyonu söz konusu talaşlı işleme operasyonunun şartlarına bağlıdır. En önemli EP katkı maddesi olan kükürt, ana

yağın içinde saf kükürt çiçekleri halinde veya kükürt taşıyıcıları olarak adlandırılan maddelerle birlikte kükürt bileşiği halinde bulunur. Yüksek düzeyde tepkimeye girme kolaylığı nedeni ile saf kükürt pek uygun değildir, çünkü saf kükürt tepkime tabakası oluşturucu olarak kendi görevine başlamadan önce metal ile tepkimeye girer.

Kükürt bileşikleri ile metallerin tepkimeleri, genellikle ara ürün olarak adsorpsiyon tabakaları üzerinde meydana gelir. Burada polar aktif maddelerinin veya aktif grupların, örneğin yağ maddesi veya yağ asidi bazında kükürt takviyesi, birlikte yarattıkları etkiden yararlanılır. Bunların nemlenme kabiliyetinin iyi olması nedeni ile yüzeyde ve temas noktalarında, tam zamanında ve yeterli miktarda kükürt oluşur [5].

11.3 Aşınmaya Karşı Korunmada Fosfor

İlk aşamada metal yüzeyinde kükürt bileşiği absorbe olur. Bu küçük zaman zarfında düşük sıcaklıkta kükürt, diğer kimyasal aktif maddeler gibi sürtünme değerinin yükseltilmesine etki yapar. Polar aktif maddelerle bileşim nedeni ile düşük sıcaklıklarda hemen bir ince yağlama tabakasının oluşması garanti edilir. Bu film tabakası ayrıca bir iş parçası yüzeyinde oksidasyonu da önler. Belirli sıcaklıktan itibaren katkı maddeleri bileşimi çözülür. Kükürt, kükürt zincirinden kopar ve sonunda taşıyıcı bileşiğin ayrılmasından sonra metal yüzeyi ile tepkimeye girerek metal sülfid den tepkime tabakası oluşturur. Belirli sıcaklığın aşılmasından sonra metal sülfid filmi yumuşar. Tepkime tabakasının kesme dayanımı zayıflar ve aşınma azalır.

Sıcaklık kritik değer sınırının üstüne çıktığında metal sülfid film tabakası yırtılır, artık hiçbir sürtünme azaltıcı etkisi kalmaz. Kükürt, fosfor katkı maddeleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek sıcaklık etki alanına sahiptir, bu alan özellikle yüksek zorlama koşullarına kendini uydurmak içindir. Fosfor katkı maddeleri ağırlıklı olarak aşınmaya karşı dayanıklılığı sağlamak içindir. Bu nedenle bu katkılar öncelikle aşınmayı azaltmak için kullanılır. Fosfor ağır talaşlı işleme operasyonlarında da yağlama film tabakası oluşturabilir, yani aşırı basınca (EP) dayanıklılık özelliği vardır.

Metallerin işlenmesi sırasında, adsorpsiyon ve difüzyon süreçleri, faz dönüşümleri, ısı tepkimeleri ve tribokimyasal tepkimeler, yapı değişimi, yeniden kristalleşme ve katılaşma sürecinde oluşan son direnç, plastik şekil değiştirme sebebiyle zayıflamaya uğrar. Bu işlemler sebebiyle yüzeyde sürtünmenin ve aşınmanın azaltıldığı bir tabaka oluşur. Talaşlı işleme sonunda, dış taraftaki sınır tabakası, gevşek kir katmanları (soğutucu yağ artıkları) ve emilmiş

polar bileşimlerle birleşir. Tepkime katmanları şekil değiştirmiş ana doku üst kısımlarında ortaya çıkar [5].

11.4 Aşırı Katkıdan Kaçınmak

Metal işleme sıvısı içindeki kükürt katkısı konsantrasyonunda artış, demir sülfid tabakasında kükürt konsantrasyonunun yükselmesine neden olur [5].

Metal işleme sıvısı özelliklerinden beklenenler, ekonomik ve çevresel olarak uygun olan yöntemin bulunmasını gerektiriyor. Katkı maddelerinin uygun seçimi ve uygun konsantrasyonu için metal işleme sıvılarının çevreye uyumlu olması gereği hedefi göz önünde tutulmalı ve sadece uygulanan talaşlı işleme prosesi için gerekli katkı maddelerinin kullanımı sağlanmalı ve gereksiz aktif madde bileşimlerinden kaçınılmalıdır.

12. SONUÇ

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan takım çeliğinin özellikleri ve kalitesi, maliyet ve işlem sonucu elde edilen parça yüzey kalitesini doğrudan etkilemektedir. İşlemlerde kullanılan metal işleme sıvıları da gerek takımın korunması, gerek istenen yüzey özelliklerinin sağlanabilmesi açısından büyük öneme sahiptir. İşlemin türü ve işlenecek malzeme göz önünde bulundurularak seçilen metal işleme sıvısı takım hasarlarını engelleyeceği gibi, makine aksamı ve ürünleri korozyondan koruyucu etkiye sahip olabilir. Deney çalışmasında incelendiği gibi, görece yüksek oranda mineral yağ içeren yarı sentetik metal işleme sıvısı, daha iyi yüzey elde edilmesine yardımcı olmuş, aynı zamanda mekanik zorlanmaları minimuma indirgeyerek aşınmayı azaltmıştır.

Uygun takım malzemesi kullanımı, uygun metal işleme sıvısı seçimi ve sıvının periyodik bakımların doğru yapılması sayesinde hem takım, hem de metal işleme sıvısı ömürleri artacaktır. Gerek çelik üretiminde oluşan zararlı atıklar, gerekse metal işleme atıklarının çevresel zararı göz önüne alındığında, takım malzemesi ve metal işleme sıvısından maksimum verimi almak hem ekonomik, hem de çevresel bir zorunluluk haline gelmiştir.

Bu çalışma ile amaçlanan, takım malzemelerinin ve metal işleme sıvılarının mümkün olan en yüksek verimi alacak biçimde seçilmesinin, sonrasında uygun şekilde kullanılarak ekonomiye ve çevreye olumlu katkı yapılmasının önemini vurgulamaktır.

KAYNAKLAR

- Akkanat, Ö., (2007) Soğutma Sıvılarının Bakımı, 3-S Mühendislik, İstanbul
- Aşan, N., (2008), “Sıcak İş Takım Çeliklerinde Hasar Oluşumu Ve Önlemleri”, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydoğan, O., (2008), “Takım Çelikleri Ve Uygulanan Isıl İşlemler”, Yüksek Lisans Yıl İçi Semineri, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul
- Chen , Z.W. (2005) “Formation and progression of die soldering during high pressure die casting”, Materials Science and Engineering A 397 356–369, New Zeland.
- Çakır, M.C, (2000), "Modern talaşlı imalat yöntemleri", Vipaş Yayınları, 449-464, Bursa
- Demir, H., Basri H. ve Zeyveli, U., (2009) “Talaşlı Üretimde Kullanılan Kesme Sıvılarından İstenen Özellikler”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs 2009, Karabük
- Demir, H. ve Güllü, A., "Taşlama parametrelerinin taşlama kalitesine etkilerinin incelenmesi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7: 189-198 (2001)
- Gül, A., (2006), “Cnc Tezgahlarda Ve Metal İşlemede Kullanılan Kesme Sıvıları” Gebze Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli
- Güllü, A. ve Poyrazoğlu, O., (2000) “İmalatta süper bitirme işlemi ve taşlama ile karşılaştırılması”, Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi, 1(2): 67-82.
- İstanbul Yağ Sanayi ürün kataloğu
- Kumar, S., A., M. Rahman ve Ng, S., L., (2002) “Effect of High-Pressure Coolant on Machining Performance”, Advanced Manufacturing Technology Journal, 20:83-91
- Tayanç, M. ve Zeytin, G., (2000), “Yüksek Hız Çeliklerinin İç Yapı Ve Isıl İşlem Özellikleri” BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2 (1) (2000)
- Oğul, D., (2005) “Kesme Sıvıları” Lisans Tezi, Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Karabük
- Suresh, K., N., ve Venkatesvvara, P., (2006) “Experimental investigation to study the effec of solid lubricants on cutting forces and surface quality in end milling”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 46: 189-198, 2006.
- Yalçın, B., (2002), “Yüksek Hız Çeliği Kesici Takım Üzerine Yapılan Titanyum Nitrür Kaplamanın Kesici Takım Performansına Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

İnternet Kaynakları

- [1] www.3-s.com.tr
- [2] www.quakerchem.com

- [3] www.bohler.com.tr
- [4] www.a305teyim.com
- [5] www.cncteknik.net/
- [6] www.hammaddeleransiklopedisi.com
- [7] www.istanbulyagsanayi.com
- [8] www.tamcelik.com

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	21.03.1980	
Doğum yeri	İzmir	
Lise	1995-1998	İzmir Şemikler Lisesi
Lisans	2000-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2008-2011	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Müh. Anabilim Dalı, Malzeme Programı

Çalıştığı Kurumlar

2010-2010	3-S Mühendislik Müşavirlik San. Tic. Ltd. Şti.
2010-2011	Aykor A.Ş. / Marinex GmbH